Die Vergletscher... der Deutschen Alpen

Albrecht Penck

Digitized by Google

BERKELEY
LIBRARY
UNIVERSITY OF
CALIFORNIA

JUL 19 1905

EARTH
SCIENCES
LIBRARY

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Class

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE

VERGLETSCHERUNG

DER

DEUTSCHEN ALPEN,

IHRE URSACHEN, PERIODISCHE WIEDERKEHR

UND IHR

EINFLUSS AUF DIE BODENGESTALTUNG.

Gekrönte Preisschrift

von

Dr. Albrecht Penck

Privatdocent an der königl. bayerischen L. M. Universität München.

Mit 16 Holzschnitten, 2 Karten und 2 Tafeln.

Leipzig,

Johann Ambrosius Barth.

1882.

Digitized by Google

QE576
P4
EARTH
SCIENCES
LIBRARY

GENERAL

Motto: Wie im Laufe eines Jahres die höheren Breiten der Erde den Wechsel von Sommer- und Winterzeiten geniessen, so erlebt unser Planet in grossen Zeiträumen Sommer- und Winterperioden.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Digitized by Google

ꭗ.

HERRN

PROFESSOR Dr. KARL A. ZITTEL

IN MÜNCHEN,

SEINEM HOCHVEREHRTEN LEHRER UND FÖRDERER

DER

DANKBARE

VERFASSER.

Digitized by Google

VORWORT.

Am 26. Juni 1880 stellte die II. Sektion der philosophischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München als Preisaufgabe:

„Eine eingehende Beschreibung der diluvialen Glacial-Bildungen und -Erscheinungen sowohl im Gebiete der südbayerischen Hochebene, als auch in den bayerischen Alpen.“

Die nachfolgende Arbeit wurde durch die angeführte Aufgabe angeregt, sie versucht deren Lösung und ist von der Fakultät preisgekrönt worden.

Es bedarf wol kaum einer besonderen Begründung, dass die Zeit vom 26. Juni 1880 bis 30. April 1881, welche zur Bearbeitung obiger Aufgabe gewährt war, nicht ausreichte, um eine Specialuntersuchung über die Glacialbildungen Südbayerns anzustellen. Ich musste mich von vorn herein darauf beschränken, einen Ueberblick über das Ganze zu gewinnen, und musste Einzelheiten übergehen. Ferner schien es mir geboten, diese Untersuchungen räumlich zu beschränken, und sie vor allem auf das Bereich des Inngletschers mit allen seinen Ausläufern zu koncentriren, dagegen das Gebiet des Salzachgletschers nicht in meine Arbeit zu ziehen.

Das solchermaassen begrenzte Arbeitsfeld war noch nie zuvor eingehend auf die Glacialbildungen hin durchforscht worden, und es musste sich daher bald eine Reihe von Ergebnissen darstellen. Zunächst waren es Resultate lokaler Natur, aber am Ende meiner Untersuchungen ergaben sich auch Thatsachen, welche zum Entscheide mancher Streitfragen dienen konnten.

Allein da sich eben jene Thatsachen erst im Laufe und gegen Schluss meiner Untersuchungen herausgestellt hatten, so hatte es mir an Zeit gefehlt, sie auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Es war mir daher eine hochwillkommene Förderung, als mir durch eine im Auftrage und auf Kosten des Königlichen Oberbergamtes in München ausgeführte Uebersichtsaufnahme zwischen Alpen und Donau im Sommer 1881 Gelegenheit ward, meine von den bisherigen vielfach abweichenden Anschauungen einer sorgfältigen Erprobung unterwerfen zu können. Es gereichte mir zu grosser Befriedigung, diese Anschauungen allenthalben bestätigt zu sehen.

Digitized by Google

Allerdings machte mich die grössere Ausdehnung meiner Untersuchungen auch mit Thatsachen bekannt, welche mir früher entgangen waren. Dementsprechend wurden meine Erfahrungen erweitert, und manche Ansichten modificirt, weswegen meine Arbeit einer theilweisen Umgestaltung unterworfen wurde. Dankbar muss ich hervorheben, dass mir gestattet wurde, mich auf die Erfahrungen und Resultate von Untersuchungen zu stützen und zu berufen, welche sich über die ganze bayerische Hochebene erstreckten.

Das Bestreben, die Ergebnisse früherer Untersuchungen möglichst zu würdigen, der sich mir häufig aufdrängende Vergleich der süddeutschen Vergletscherung mit dem mir nicht unbekannten Glacialphänomen Nordeuropas und Norddeutschlands, ferner das Eingehen auf die gerade jetzt lebhaft ventilirte Streitfrage über die Wiederholung der Vergletscherungen und die bodengestaltenden Wirkungen des Eises, haben der nachfolgenden Arbeit einen grösseren Umfang gegeben, als wol nach ihrem Gegenstande zu erwarten ist. Es erschien mir jedoch wünschenswerth, die Ergebnisse eigner, allerdings räumlich sehr beschränkter Studien zur Sichtung des reichlich angeschwollenen, leider aber vielfach zersplitterten Materiales über die Vergletscherung der Alpen und die Fragen der Glacialgeologie zu verwerthen.

Um auch Fernerstehenden die Prüfung meiner Ansichten zu ermöglichen, habe ich die grundlegenden Profile thunlichst in der Weise wiedergegeben, wie ich sie gesehen habe, ohne Konstruktionen und Verbesserungen; ferner habe ich die Profile, soweit es irgend möglich, in dem richtigen Verhältnis von Höhe zu Länge gezeichnet, sowie auch, um eine Vorstellung über die Grösse zu gewähren, stets den Maassstab beigesetzt. Profile sind ja die Fundamente aller stratigraphischer Geologie, und sie müssen in derselben ungeschminkten Weise wiedergegeben werden wie Versteinerungen, die Fundamente der Paläontologie. Vorkommende Höhenangaben sind theils den Generalstabskarten entnommen, theils auf Grund eigener Messungen gewonnen, was namentlich von den Höhen der erratischen Vorkommnisse und der Profile gilt.

Es sei mir schliesslich gestattet, den Leser von vorn herein auf einige ähnliche Namen aufmerksam zu machen, welche in den nachfolgenden Untersuchungen häufig wiederkehren. Illerthal im Algäu und Illthal in Vorarlberg, Walchensee in Bayern und Walchsee bei Kufstein in Tirol, Achenseethal am Achensee und Achenthal am Chiemsee, das Dorf Jenbach und der Jenbach bei Kufstein sind wol zu unterscheiden.

München, November 1881.

Dr. Albrecht Penck.

Digitized by Google

INHALT.

Seite

Kapitel I. Einleitung. Geschichte der Glacialgeologie . . . 1

I. Abschnitt.

Letzte Vergletscherung von Oberbayern und Nordtirol.

I. Unmittelbare Glacialwirkungen 23
Kapitel II. Orographische Skizze des Gebietes der südbayerischen Glacialformation und historische Entwicklung von deren Kenntniss 25
Kapitel III. Die Grundmoräne 33
Kapitel IV. Glacialerscheinungen im unteren Innthale 48
Kapitel V. Glacialerscheinungen am Fernpasse 55
Kapitel VI. Der Seefelder Pass und Isargletscher 62
Kapitel VII. Ausbreitung des Inngletschers in den nördlichen Kalkalpen zwischen Achensee und der Chiemseeache . . . 69
Kapitel VIII. Gletscher des Iller- und Lechthales 80
Kapitel IX. Uebersicht der Vergletscherung in den nordtiroler und oberbayerischen Alpen 89
Kapitel X. Die Vergletscherung der bayerischen Hochebene . . 99
Kapitel XI. Beziehungen zwischen Bodengestaltung und Gletscherverbreitung auf der bayerischen Hochebene 113
II. Mittelbare Glacialwirkungen 129
Kapitel XII. Glaciale Schotter in grossen Höhen und in Konnex mit Grundmoränen 129
Kapitel XIII. Untere Glacialschotter der Hochebene 142
Kapitel XIV. Untere Glacialschotter des Gebirges 152
Kapitel XV. Der obere Glacialschotter 171
Kapitel XVI. Das alpine Inlandeis 184

Digitized by Google

II. Abschnitt.

Seite

Aeltere Vergletscherungen von Oberbayern und Nordtirol.

Kapitel XVII. Bisherige Theorien über mehrere Vergletscherungen der Alpen 211
Kapitel XVIII. Alte Breccien der nördlichen Kalkalpen . . . 228
Kapitel XIX. Interglaciale Kohlen des Algäu 251
Kapitel XX. Die alten Anschwemmungen der Alpen 266
Kapitel XXI. Gliederung der Schotter im Liegenden der Moränen Oberbayerns 280
Kapitel XXII. Ursprung der diluvialen Nagelfluh 291
Kapitel XXIII. Die äussere und innere Moränenzone 307

III. Abschnitt.

Die Bildung der oberbayerischen Seen.

Kapitel XXIV. Veränderungen im Relief Südbayerns und Nordtirols durch die diluvialen Vergletscherungen 327
Kapitel XXV. Die Seen Südbayerns und Nordtirols 345
Kapitel XXVI. Möglichkeit der glacialen Bildung von Seen . . 368
Kapitel XXVII. Einwände gegen die glaciale Bildung der grossen Alpenseen 393
Kapitel XXVIII. Andere Theorien über die Bildung der Alpenseen 412

Kapitel XXIX. Schluss. Ursachen der Eiszeit 433
Anhang 462

Digitized by Google

Kapitel I.

Geschichte der Glacialgeologie.

Definition des Glacialphänomens. Die ältesten Anschauungen von PLAYFAIR, ESMARK, BERNHARDI. Studien von VENETZ, J. DE CHARPENTIER und L. AGASSIZ. Essai von CHARPENTIER. Untersuchungen von AGASSIZ. Lehre von der Eiszeit, J. A. DELUC und CUVIER. AGASSIZ' Studien in Schottland. ADHÉMAR'S Ansicht über Vergletscherungen. CHARLES MARTINS und DESOR über Skandinavien. Die glacialen Anschwemmungen, J. DE CHARPENTIER, AGASSIZ, MARTINS und GASTALDI. A. FAVRE über Glacialphänomen der Alpen. Zweifel gegen das Glacialphänomen im Norden. Drifttheorie. Einfluss von RINK'S Untersuchungen in Grönland. KJERULF, TORELL, JAMIESON und RAMSAY über Vergletscherung des Nordens. Rückkehr zur Lehre der Eiszeit. Spuren älterer Gletscherwirkungen. RAMSAY, MORLOT, HEER, CHAMBERS, A. GEIKIE. LYELL'S Ansichten hierüber. CROLL'S Theorie der klimatischen Schwankungen. J. GEIKIE'S Arbeiten. Gestaltender Einfluss der Vergletscherungen. Anhäufung von Moränen. RAMSAY über Seen in Gletschergebieten. Erosionstheorien von DE MORTILLET und RAMSAY. Konservirungstheorie von AGASSIZ. Fernere Aufgaben.

Als Glacialformation bezeichnen wir einen Komplex von Bildungen, welche sammt und sonders als die Ablagerungen von Gletschern betrachtet werden müssen; wir verstehen darunter zunächst das Material, welches der Gletscher selbst erzeugt, nämlich Grundmoränen mit gekritzten Geschieben und den darunterliegenden geschrammten Felsflächen oder gestauchten losen Schichten, ferner die Reste von Oberflächenmoränen aller Art nebst den erratischen Blöcken, die End- oder Stirnmoränen sowie die von Gletscherwässern abgelagerten fluvioglacialen Gebilde. Dazu haben wir ferner die orographischen Veränderungen zu rechnen, welche ein Gletscher in der Konfiguration des Landes erzeugt.

Diese Gesammtheit von Erscheinungen wurde erst im Laufe anhaltender Untersuchungen in ihrer genetischen Zusammengehörigkeit erkannt. Einzelne ihrer Züge, und zwar nicht die wesentlichsten, erregten schon frühe die Aufmerksamkeit der

Digitized by Google

Forscher. Es waren dies vor allem die erratischen Felsblöcke sowie die geschliffenen und geschrammten Felsoberflächen, dazu gesellten sich später die eigenthümlichen Oberflächenformen der Glacialformation, die Moränenwälle aller Art. Aber erst nachdem man diese Einzelphänomene als verschiedene Werke ein und desselben Agens erkannt hatte, lernte man die Ablagerungen näher würdigen, welche durch den Gletscher selbst erzeugt worden sind, und welche sich nicht nur fast zufällig wie die bisher angeführten an seine Existenz knüpfen. Es bedurfte langer Erörterungen, ehe sich die Anschauung befestigte, dass Grundmoränen und Gletscherschliffe ganz ausschliesslich und allein nur von Gletschern gebildet werden können, und einem jeden Gletscher angehören müssen, während die Oberflächenmoränen aller Art nebst den erratischen Blöcken häufig den Gletschern fehlen. Aber erst auf Grund dieser Basis ist es möglich, erfolgreich die Ausdehnung früherer Gletscher zu verfolgen, ihre Spuren in älteren Formationen nachzuweisen, und quantitativ und qualitativ ihre gestaltende Wirkung auf der Erdoberfläche zu erkennen.

Die erratischen Blöcke, welche über die Ebenen des nördlichen Europa und über die Gehänge des schweizer Jura zerstreut sind, beschäftigten schon im vorigen Jahrhunderte Naturfreunde und Gelehrte. Schon damals erkannte man die skandinavische Herkunft der Findlinge Norddeutschlands, und DE SAUSSURE ermittelte die Heimat der erratischen Blöcke des Jura in den Bergen des Wallis. Hypothesen zur Erklärung dieses Phänomens blieben nicht aus, da jedoch das letztere selbst zu wenig bekannt war, erhoben sich die Ansichten über dessen Ursprung kaum über den Rahmen einer philosophischen Spekulation. Je nach der Neigung und dem Geschmacke des Einzelnen wurden bald gewaltige Wasserfluthen, bald Eruptionen zur Erklärung herbeigezogen; denn es lag in der Anschauungsweise der frühesten Aera geologischer Forschung, gewaltige Katastrophen als Ursache jedes Phänomens anzunehmen. Noch hatte man die Zeit nicht als geologischen Faktor erkannt, noch war der Weg des Vergleiches geologischer und geographischer Thatsachen nicht betreten.

Doch während jenes Abschnittes der Geschichte der Geologie fehlt es nicht an Versuchen, welche auf dem später durch LYELL

Digitized by Google

zu hoher Blüthe gebrachten Aktualismus begründet sind. Vor allem entwickelte PLAYFAIR sein geologisches System in diesem Sinne, und es ist nicht bloss ein Zufall oder ein glücklicher Griff, wenn dieser hervorragende schottische Geologe bereits im Jahre 1815 die erratischen Blöcke seiner Heimat und des schweizer Jura mit dem Moränenschutte der heutigen Gletscher verglich.[1]) ESMARK[2]), der Begründer geologischer Forschung in Norwegen, äusserte sich ganz ähnlich wie PLAYFAIR. Er bekämpfte die Annahme gewaltiger Fluthen, welche man behufs Erklärung des erratischen Phänomens gemacht hatte, und suchte dasselbe auf eine frühere Eisausdehnung zurückzuführen. Er basirte diese Ansicht auf die Art und Weise des Vorkommens der erratischen Blöcke, auf das Auftreten von Wällen, die er mit Endmoränen verglich, sowie auf gewisse Felsglättungen, welche er auf Gletscherwirkungen zurückführte. BERNHARDI[3]) endlich, ein sonst nicht bekannter norddeutscher Forscher, verglich die erratischen Blöcke Norddeutschlands ebenfalls mit denen der Moränen heutiger Gletscher, und nahm an, dass dieselben einst durch das Polareis bis zur Findlingsgrenze verbreitet worden seien. Unter solchen Umständen mussten auch die ewigen Firne und Gletscher der Alpen eine grössere Ausdehnung besitzen, und durch sie seien die erratischen Blöcke des Jura abgelagert worden. Ein früheres kälteres Klima, welches eine solche Eisentfaltung zur Folge hatte, suchte BERNHARDI durch die Funde von Mammuthen im Eise Sibiriens zu beweisen. So finden sich der Ideengang und die Argumentation von L. AGASSIZ schon vor demselben ausgesprochen.

Allein die Ansichten von PLAYFAIR, ESMARK und BERNHARDI kamen nicht zu allgemeinerer Geltung und wurden selbst nicht in wissenschaftliche Diskussion gezogen. Es fehlte ihnen

---

[1]) Works vol. I. p. XXIX citirt bei CHARPENTIER: Essai sur les glaciers p. 246.

[2]) Remarks tending to explain the Geological History of the Earth. Edinburgh new Philosophical Journal III. 1827. p. 107.

[3]) Wie kamen die aus dem Norden stammenden Felsbruchstücke und Geschiebe, welche man in Norddeutschland und den benachbarten Ländern findet, an ihre gegenwärtigen Fundorte? Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1832. p. 257 u. 419.

Digitized by Google

an jener eingehenden Begründung, welche nur durch das Studium der heutigen Gletscher gewonnen werden kann. Die Schweiz bot in dieser Beziehung ein ausgezeichnetes Arbeitsfeld; Gletscherwirkungen und erratisches Phänomen finden sich hier räumlich dicht nebeneinander. So sehen wir in der That auch von der Schweiz den Hauptimpuls zum Studium der Glacialformation ausgehen.

Lange schon hatten Bergbewohner den Transport der erratischen Blöcke in den Alpen auf frühere Gletscherausdehnung zurückgeführt. Allein zu wissenschaftlicher Erörterung kam die Frage erst durch VENETZ. 1821 zeigte dieser vortreffliche Beobachter[1]), dass die Gletscher des Wallis während der letzten Jahrhunderte zwar allgemein weniger ausgedehnt gewesen sind als heute, wohingegen dieselben während einer früheren Periode eine weit bedeutendere Entfaltung besessen haben müssten als jetzt. Als Zeugen hierfür führt er die vielen erratischen Blöcke und Moränenwälle an, welche sich in den Thälern des Gebirges finden. 1829 trug VENETZ[2]) gelegentlich der Versammlung der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft auf dem grossen St. Bernhard seine nunmehr erweiterten und bestimmter gewordenen Anschauungen über eine ehemalige Verbreitung der Gletscher vor. Er behauptete, dass die Gletscher früher allgemein eine bedeutendere Ausdehnung besessen hätten als heute, und dass sie sowohl in den Alpen als auch im Norden Europas enorme Mengen erratischer Blöcke verbreitet hätten. Zuvor hatte er hiervon J. DE CHARPENTIER in Kenntniss gesetzt. Dieser ausgezeichnete Bergmann und Geolog, ein Deutscher aus der Wernerischen Schule, fand diese Ansichten so absonderlich, dass er beschloss, seinen

[1]) In einer von der Schweiz. naturf. Gesellschaft bei deren 8. Versammlung in Bern 1822 gekrönten Preisschrift, gedruckt als: Mémoire sur les variations des températures dans les Alpes de la Suisse. Denkschr. d. allg. Schweizer. Gesellsch. f. d. ges. Naturwissensch. Bd. I. Theil II. 1833.

[2]) Vergl. Mémoire sur l'extension des anciens glaciers. §. 4. Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. XVIII. 1801. Vergl. über VENETZ' Verdienst besonders SIEGFRIED, Geschichtliche Notizen über die Gletschertheorie. Jahrb. Schweiz. Alpenclub. 1875. X. p. 584.

Digitized by Google

Freund VENETZ von der Unrichtigkeit derselben zu überführen. Er begann den erratischen Gebilden grosse Aufmerksamkeit zu widmen, und wurde schliesslich durch deren Studium zu ganz denselben Ansichten geführt wie VENETZ. Er wurde überzeugt, dass die grossen erratischen Blöcke nicht durch Wasser transportirt worden sein können, er erkannte die Reste von Moränen, er entdeckte, dass die Felsschliffe ein Werk der Gletscher sind. Er führte das gesammte erratische Phänomen auf eine frühere Gletscherausdehnung zurück, die er durch eine ehemalige grössere Erhebung des Gebirges zu erklären suchte. Er trug diese Ergebnisse der in Luzern versammelten Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft vor.[1])

L. AGASSIZ wurde durch diese Mittheilungen auf die erratischen Erscheinungen aufmerksam und während eines Besuches bei J. DE CHARPENTIER für die neue Lehre gewonnen. Unermüdlich durchwanderte er Alpen und Jura, überall fand er Gletscherschliffe und erratische Blöcke, er erkannte, dass das Eis eine weit bedeutendere Entfaltung gehabt habe, als man bisher angenommen hatte, und nachdem er in den Alpen das Eis als Verbreiter der erratischen Blöcke, als Ursache der Gletscherschliffe erkannt hatte, war er geneigt, dasselbe auch für die Findlinge und Felsschliffe des Nordens anzunehmen. Er kam so zu dem Schlusse, dass das Klima der Erde in der jüngsten Periode ein allgemein kälteres gewesen sein müsse, er entwickelte die Lehre von einer Eiszeit [2]) und glaubte eine Periodicität in deren Wiederkehr annehmen zu dürfen.

In seinen Untersuchungen über die Gletscher setzte AGASSIZ [3]) seine Ergebnisse ausführlichst auseinander. Er betonte eine

---

[1]) Verhandl. p. 23. Sowie: Sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des mines III. S. t. VIII. 1835. p. 319. Erschienen deutsch in FRÖHLICH's und HEER's Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde. Zürich 1836. p. 482.

[2]) Discours d'ouverture des séances de la Société helvétique des Sciences naturelles 1837. Actes Soc. helvét. Neuchâtel 1837. — Sur les blocs erratiques du Jura. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences. V. 1837. p. 506.

[3]) Étude sur les glaciers. Neuchâtel 1840. — Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841.

Digitized by Google

frühere grössere Entwicklung des Eises, aber er glaubte nicht nur wie VENETZ und J. DE CHARPENTIER an eine einstmalige grössere Ausdehnung von Gletschern, sondern an eine völlige Uebereisung fast der ganzen nördlichen Hemisphäre.

Bald darauf veröffentlichte J. DE CHARPENTIER[1]) seinen „Essai sur les glaciers", ein selten ausgezeichnetes Werk. Es ist schwer zu sagen, was in demselben mehr zu bewundern ist, die Schärfe der Auseinandersetzung oder die Methode der Beweisführung. Er, ein Schüler WERNER's, operirt ganz in derselben Art und Weise wie ein moderner Geologe. Seine Behandlung des schwierigen Stoffes ist derselben Art, wie diejenige, welche LYELL so erfolgreich anwandte, sie basirt auf dem fortwährenden Vergleiche der vorweltlichen Erscheinungen mit den heutigen. Mir ist aus jener Zeit kein Werk bekannt, welches diesen Weg mit solcher Konsequenz, mit solchem Bewusstsein verfolgte, wie CHARPENTIER's Essai. CHARPENTIER kommt daher auch zu anderen Ergebnissen als AGASSIZ. Er lehrt zwar eine frühere grosse Gletscherverbreitung kennen, aber nicht eine allgemeine Vereisung der einen Hemisphäre. Auch er war geneigt, die Phänomene des Nordens in ähnlicher Weise zu erklären wie die alpinen, und als er in den Alpen eine gewaltige Gletscherentwicklung kennen gelernt hatte, so glaubte er dasselbe auch vom Norden Europas annehmen zu können.[2]) Er spricht jedoch nicht von einer Ausdehnung des Polareises, er nimmt nur eine riesige Ausdehnung der skandinavischen Gletscher an. Dennoch aber hielt er die Gletscherausdehnung in Norwegen und den Alpen für Lokalphänomene. Er glaubte dieselben anfänglich durch die Annahme einer grösseren Höhe des Gebirges erklären zu können, und später durch hypothetische Ereignisse, die sich an die Erhebung der Gebirge knüpften. Immer aber hält er die Vergletscherungen für die Folge lokaler Veränderungen, und erachtet sie nie als die Folge einer allgemeinen Temperaturerniedrigung. AGASSIZ hingegen entwickelt die Lehre von der Eiszeit, nachdem schon früher

---

[1]) Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Lausanne 1841.

[2]) Sur l'application de l'hypothése de M. VENETZ aux phénomènes erratiques du Nord. Bibl. univers. de Genève. XXXIX. 1842. p. 327.

Digitized by Google

von JEAN ANDRÉ DELUC[1]) sowie von CUVIER[2]) die Annahme klimatischer Katastrophen ausgesprochen worden war, und er sprach den allerdings nie von ihm bewiesenen Gedanken aus, dass die Abkühlung der Erde unterbrochen werde durch das periodische Hereinbrechen von Kältezeiten, während J. DE CHARPENTIER streng an der Theorie von der allmählichen Abkühlung der Erde festhält.

Es liegt also ein wesentlicher Unterschied in den Anschauungen von AGASSIZ und CHARPENTIER. In den Ansichten von AGASSIZ sehen wir den Ausdruck der Katastrophentheorien jener Zeit, seine Eiszeiten sind plötzliche Revolutionen. CHARPENTIER steht dagegen auf modernem Boden. Er ist Aktualist, und so überzeugt von der Richtigkeit dieses Weges, dass er die frühere Eisausdehnung als ein Faktum erachtet, an welchem aus theoretischen Gründen nicht zu zweifeln ist. Physikalische Bedenken, wie sie gegen eine enorme Gletscherverbreitung häufig genug gemacht sind, klimatologische Skrupel gegen eine ausgedehnte Eisentwicklung kommen ihm nicht. Allein es ist nicht zu bezweifeln, dass die Einwände, welche AGASSIZ gegen CHARPENTIER's Ansichten über die frühere Gletscherverbreitung äusserte, nicht ganz grundlos waren. Er hebt hervor, dass zwischen der Vertheilung der erratischen Blöcke auf dem Jura und in den Alpen gewisse Verschiedenheiten bestehen; während in den Alpen die Findlinge in Form von Moränenwällen gelagert sind, treten sie auf dem Jura vereinzelt auf, und sind nicht an so bestimmte Niveaus gebunden, wie die der Alpen. Aber dieser Einwand gegen CHARPENTIER's Theorie beruht nicht auf einer Unrichtigkeit derselben, sondern auf einem Mangel in der Beweisführung. CHARPENTIER kannte nur die Oberflächenmoränen eines Gletschers, dass ein solcher auch unter sich bedeutendes Material fortbewegte, wusste er nicht; von der Existenz eines Schlammlagers unter dem Eise hat er nie etwas erwähnt, das Vorhandensein von Grundmoränen war ihm nicht bekannt geworden, und die Gletscherschliffe führte er lediglich auf

[1]) Sur les gisement des os fossiles d'éléphans, et sur les catastrophes qui les ont enfouis. Bibl. univers. de Genève. Feb. 1822. p. 118.

[2]) Recherches sur les ossements fossiles. IVme éd. p. 241. Vergl. auch Deutsche Geographische Blätter. Bd. IV. 1881. p. 174 u. 175.

Digitized by Google

gewisse Geschiebe zurück, welche zufällig unter das Eis gerathen waren. L. Agassiz war berufen, diese hochwichtigen Erscheinungen in ihrer ganzen Tragweite zu erkennen.

Weder Venetz, noch J. de Charpentier, noch endlich Agassiz kannten den Norden Europas aus eigener Anschauung, als sie dessen Vereisung behaupteten. Doch es lagen ausführliche Berichte von dem Vorkommen von erratischen Blöcken vor, Felsschliffe waren in Schottland, England und Schweden bekannt geworden, noch ehe sich die Gletscherlehre entwickelt hatte, und es lag nahe, dieselben zu Gunsten jener Theorie zu deuten, zumal da man in den Åsar Schwedens Moränenwälle zu erkennen glaubte.

L. Agassiz war der erste, welcher das Glacialphänomen des Nordens kennen lernte, nachdem das der Schweiz studirt worden war. Ein Jahr nach Veröffentlichung seiner Untersuchungen über die Gletscher theilte er die Ergebnisse seiner Studien im Norden mit [1]), welche seine früheren Ansichten theils bedeutend modificirten, theils denselben neue Gründe zuführten. Sein nunmehriger Standpunkt schliesst sich in vieler Beziehung den Anschauungen Charpentier's an, und die Gletschertheorie erfuhr auf diese Weise eine ungeahnte Bereicherung. Die Grundzüge, welche Agassiz in der gedachten Arbeit entwickelt, wurden die wesentlichste Basis späterer Arbeiten, sie sind heute noch bei Glacialstudien leitend und haben keine wesentliche Veränderung erfahren. Charpentier's „Essai sur les glaciers" und die gedachte Arbeit von Agassiz sind die Fundamentalwerke der Glacialgeologie.

Agassiz hielt an der früher schon ausgesprochenen Unterscheidung zwischen Vereisung und Gletschern fest. Während er jedoch in seinen Untersuchungen über die Gletscher die Vereisung in anderer Weise entstehen lässt als die Gletscher, erwähnt er davon nichts mehr; während er früher annimmt, dass die Alpen unter der Vereisung entstanden, schliesst er sich nun den Voraussetzungen Charpentier's an und hält die Bodenkonfiguration für präglacial; er sieht ferner die Vereisung der Alpen nicht mehr für einen Theil der zusammenhängenden Eisbedeckung der nörd-

[1]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinburgh new phil. Journal. XXXIII. 1842. p. 217. La théorie des glaces et ses progrés les plus récents. Bibl. univers. de Genève. XLI. 1842. p. 118.

Digitized by Google

lichen Halbkugel an, sondern erachtet sie als eine besondere, von der Vereisung des Nordens zu trennende Erscheinung. Den einzigen Unterschied, welchen man nun noch zwischen der Vereisung und Gletschern aufstellen kann, ist ein quantitativer. Gletscher sind lokale Gebilde, in ihrem Auftreten an eine bestimmte Oertlichkeit, an eine bestimmte Bodenkonfiguration gebunden. Die Vereisung betrifft ganze Landesstrecken, sie zeigt keine Abhängigkeit von den Terrainverhältnissen.

Gletscher und Vereisung wirken in derselben Weise, beide bewegen sich und transportiren Material unter sich fort. Aber ein Gletscher trägt auf seinem Rücken Gesteinsschutt, er hinterlässt Moränenwälle und grosse eckige erratische Blöcke, während die Vereisung ganzer Landesstrecken nicht oberflächlich mit Trümmern bedeckt ist. Dagegen führt die Vereisung unter sich eine enorme Menge Schuttes mit sich fort.

In dem „Till“ Schottlands erkannte Agassiz jene Gesteinsschicht, welche die Vereisung unter sich fortbewegt hat. Er findet in demselben die gekritzten Geschiebe, er sagt, „es ist klar, dass diese gekritzten Geschiebe in und mit dem Till bewegt worden sind“. Er erkennt so die Bedeutung der gekritzten Geschiebe für die Glacialformation, und im „Till“, dem Geschiebe- oder Blocklehme, das charakteristische Produkt der Vereisungen, während Gletscher ausser demselben noch Moränenwälle hinterlassen. Diese Erkenntniss übte eine Rückwirkung auf die Auffassung alpiner Gebilde. Die erratischen Ablagerungen auf dem Jura deutete Agassiz wie früher schon als einen „Till“, d. h. das unter dem Eise transportirte Gesteinsmaterial, analog dem Gletscherschlamme, boue glaciaire, und hielt sie für ein Produkt der alpinen Vereisung. Nun fand er im Jura neben diesen Ablagerungen noch grosse, eckige erratische Blöcke, er entnahm daraus im Gegensatze zu seinen früheren Anschauungen, dass selbst aus der Vereisung der Alpen noch Gipfel herausgeragt hätten, wohingegen ihn der Mangel grosser Blöcke im Bereiche der nordischen Vereisung vergewisserte, dass das Land gänzlich mit Eis bedeckt gewesen sei. Er betont einen quantitativen Unterschied zwischen der alpinen und nordischen Uebereisung.

Präcisirt solchermaassen Agassiz seine Ansichten über den

Digitized by Google

Charakter der Vereisungen, so ertheilt er denselben eine andere Rolle in der Geologie zu, als früher. Noch hält er sie für periodische Ereignisse, aber nicht mehr für Katastrophen, sondern für den Ausdruck kosmischer Vorgänge. Er greift auf die Ansichten ADHÉMAR's zurück, welcher gelehrt hatte, dass die polaren Eismassen in ihrer Ausdehnung beeinflusst würden durch die Stellung der Aequinoctialpunkte. AGASSIZ sieht die Vereisung des Nordens als einen Theil der ausgedehnten Polareismassen an, welche bei ihrem Schwinden lokale Gletscher hinterliessen.

Das Studium des erratischen Phänomens in Skandinavien, welches besonders durch die französische Nordmeerexpedition gefördert wurde, hat jedoch die Irrigkeit dieses letzteren Theiles der Ansichten von AGASSIZ erwiesen. Es stellte sich heraus, dass Skandinavien nicht vom Pole aus vereist gewesen ist, sondern das Centrum einer eigenen Vereisung bildete. Es wurde festgestellt, dass die Schrammen von der skandinavischen Halbinsel nach allen Seiten ausstrahlten. Unter solchen Umständen erschien die Vereisung des Nordens nicht anders wie die der Alpen als eine sehr beträchtliche Vergletscherung, es hatte nun keine Bedeutung mehr zwischen einer Vereisung und Gletschern scharf zu scheiden. CHARLES MARTINS[1]) und DESOR[2]) konnten daher auf die ältere Ansicht J. DE CHARPENTIER's zurückgreifen, und von einer enormen Ausdehnung der skandinavischen Gletscher reden, und es wurde als ganz selbstverständlich aufgefasst, dass eine enorme Vergletscherung, welche nur wenig hohe Gipfel unbedeckt lässt, wenig Material auf ihrem Rücken transportiren kann, um so mehr jedoch auf ihrem Grunde. CHARLES MARTINS[3]) bezeichnete diesen unter dem Eise transportirten Detritus als „Grundmoräne“, und seine lebendigen Schilderungen über die Art und Weise der Bewegung derselben hat wesentlich die Auffassung

---

[1]) Réponse aux objections de M. DUROCHER contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie. Remarques sur les mémoires d. M. DUROCHER. Bull. Soc. géol. II. S. t. III. p. 102. IV. p. 89.

[2]) Phénomènes erratiques en Scandinavie comparés à ceux des Alpes. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IV. p. 182. 1846 47.

[3]) Bull. Soc. géol. de France. t. XIII. 1841 42. p. 343. — Revue des deux mondes 1847. t. I. p. 704—705.

Digitized by Google

der Glacialphänomene gefördert. Er verglich die Grundmoräne mit einem Schleifpulver, welches unter dem Eise vorwärts gepresst, gewälzt und geschoben wird.

Hatte man in der Grundmoräne mit ihren gekritzten Geschieben und unterlagernden Gletscherschliffen ein charakteristisches Produkt der Gletscherwirkung entdeckt, hatte man in den erratischen Blöcken, in den Seiten- und Endmoränen Phänomene erkannt, welche sich nur durch Gletscherwirkungen erklären lassen, so hatte man damit den Komplex der Glacialphänomene doch noch nicht in seiner Gesammtheit erkannt. An die Gletscherentfaltung knüpft sich die Thätigkeit des fliessenden Wassers. An den verschiedensten Theilen eines Gletschers entspringt Wasser, gewaltige Massen desselben entströmen seinem Ende. Mit dem Ende des Gletschers verschiebt sich der Ausgangspunkt der Wasserwirkungen, Schottermaterial muss mit den Moränen in Konnex treten. So darf man nicht anstehen, die Wasserwirkungen, welche sich an die Ausbreitung der früheren Gletscher knüpfen, auch der Glacialformation zuzuzählen.

J. de Charpentier[1]) lenkte die Aufmerksamkeit auch auf diesen Punkt. Allein unter Glacialanschwemmungen verstand er nur die Ablagerungen, welche in Gletscherseen, d. h. in den durch Eis aufgestauten Wasseransammlungen entstanden, er nannte solche Ablagerungen „alluvium glaciaire“, wenn sie an heutigen Gletschern entstehen, dagegen „diluvium glaciaire“, wenn sie das Produkt früherer Eisströme sind. Agassiz lehrte die grosse Bedeutung derartiger Gebilde zuerst kennen; er zeigte[2]), dass die parallelen Terrassen Schottlands ein solches „diluvium glaciaire“ darstellen. Aber weder J. de Charpentier noch L. Agassiz kamen zu einer richtigen Würdigung jener Ablagerungen, welche durch die regelmässig entströmenden Gletscherwasser gebildet werden. Beide[3])

---

[1]) Essai sur les glaciers. 1841. §. 84.

[2]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinb. new philos. Journ. 1842. XXIII. p. 236.

[3]) J. de Charpentier: Sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des mines. III. S. t. VIII. 1835. p. 319. Agassiz: The Glacial Theory etc. The Edinb. new phil. Journ. XXIII. 1842. p. 234.

Digitized by Google

sprechen zwar mehrfach aus, dass das „diluvium“ der Schweiz sowie manche grosse Strombetten mit der früheren Eisausdehnung in Zusammenhang stünden, beide reden mehrfach von den gewaltigen Mengen von Schmelzwassern, welche beim Rückzuge der Eisausdehnung entstanden, aber nirgends weisen sie einen bestimmten Konnex zwischen solchen fluvioglacialen Gebilden und echten glacialen hin. Erst CHARLES MARTINS[1]) ging weiter. Er suchte die enormen Schottermassen des Rheinthales als die Ablagerungen von Gletscherströmen zu deuten, gebildet aus dem Moränenmateriale. Später konstatirte er im Verein mit GASTALDI[2]) einen bestimmten Konnex zwischen den Schottermassen, welche im Liegenden der Moränen auftreten, und diesen letzteren. Er bezeichnete sie geradezu als Glacialanschwemmungen und lehrt zum ersten Male, dass beim Herannahen einer Vergletscherung weit beträchtlichere Schottermassen abgelagert werden, als beim Rückzuge derselben. Dem Beispiele von MARTINS und GASTALDI ist eine Zahl namhafter Geologen gefolgt, und als Glacialformation werden nun nicht mehr bloss Moränenbildungen aller Art bezeichnet, sondern es werden hierzu auch enorme Schottermassen gerechnet.

Mit der richtigen Würdigung der Grundmoränen mit ihren gekritzten Geschieben und Gletscherschliffen, mit Auffindung der gesetzmässigen Beziehung der mächtigen Schotterablagerungen zu der Gletscherausbreitung ist das Glacialphänomen in seinem vollen Umfange erkannt worden. Die Mehrzahl der schweizer Geologen schloss sich unbedenklich der Gletschertheorie an, und indem letztere herrschend wird, hören die lebhaften Kontroversen auf, die ihretwegen in den Jahren 1840—1850 geführt worden waren.

In eingehendster Weise wurden nun die Schweizer Alpen in Bezug auf die glacialen Bildungen untersucht; das schöne Werk von A. FAVRE[3]) gibt durch seine zahlreichen Literaturangaben

---

[1]) Sur les formations régulières du terrain de transport des vallées du Rhin. Bull. Soc. géol. I. S. t. XIII. 1841/42. p. 323—345.

[2]) Sur les terrains superficiels de la vallée du Pô. Bull. Soc. géol. II. S. t. VIII. 1849/50. p. 554—603.

[3]) Récherches géologiques dans les parties de la Savoie etc. Genf 1867. t. I.

Digitized by Google

ein deutliches Bild von den vielen durch diese Untersuchungen geförderten Arbeiten, und der neuerlich erwachte Eifer, erratische Blöcke zu konserviren, ist wol der beste Beweis dafür, dass die Gletschertheorie populär geworden ist.

Allein fand die Annahme einer gewaltigen Vergletscherung der Alpen bald allgemeine Zustimmung, so verschaffte sich die Lehre der Eiszeit keineswegs Eingang. Man hielt sie für einen Widerspruch zu der allmählichen Abkühlung der Erde. Die Vergletscherung der Alpen schien nur ein lokales Phänomen zu sein, welches keine Eiszeit voraussetze; die Vergletscherung Skandinaviens und Grossbritanniens hingegen, welche unbedingt auf eine allgemeine Temperaturerniedrigung hinweist, wurde lebhaft in Frage gezogen und schliesslich gänzlich verworfen.

Es fehlte in Nordeuropa an den Anregungen, welche das Studium der Gletscher auf die Erkenntniss der erratischen Phänomene ausübt, der Vergleich der letzteren mit heutigen Erscheinungen war ungemein erschwert. Es schien physikalisch unmöglich, dass sich eine Eismasse von Skandinavien bis nach Norddeutschland, von Schottland bis zur Themse verbreitete, obwol J. de Charpentier, dieses gleichsam ahnend, auseinandergesetzt hatte, dass eine Gletschermasse sich selbst auf ebenem Terrain bewegen müsse. Vor allem aber schien die gemuthmaasste Ausdehnung des Eises weit gewaltiger als die Entwicklung der alpinen Gletscher zur Diluvialzeit; sie war unfassbar und wurde nicht durch rezente Erscheinungen gestützt. Zudem waren die trefflichen Bemerkungen von L. Agassiz über den Gesteinstransport unter dem Eise nicht genügend beachtet worden, der in den Alpen nachgewiesene Konnex zwischen Schottern und Moränen wurde überhaupt nicht zur Erklärung mancher Phänomene herbeigezogen; man betonte den Mangel von Seiten- und Endmoränen, die Åsar, welche man anfänglich dafür gehalten hatte, erwiesen sich nicht als solche, und noch 1864 äusserte Sir Roderick Murchison[1]: „Der wahre und unbedingte Zeuge von Wirkungen terrestrischer Gletscher ist die Existenz von Moränen. Nun gibt es keine Spur

[1]) Anniversary Address to the Geographical Society. Proc. Roy. geogr. Soc. VIII. 1863/64. p. 241.

Digitized by Google

dieser absonderlichen Anhäufungen im Süden Schwedens und Finnlands, aller Schutt dieser Regionen sowie auch der des Nordens Russlands und Deutschlands trägt Spuren von Wasserwirkung an sich". Es war also noch nicht zum allgemeinen Bewusstsein gekommen, dass Moränenwälle nur zufällige Glacialgebilde sind.

Eine Hypothese schien allen Phänomenen des Nordens ausreichend Rechnung zu tragen. Es ist die alte Anschauung, welche den Transport des erratischen Materials auf schwimmendem Eise geschehen lässt. Darwin und Lyell hatten dieselbe auf die Alpen anzuwenden versucht, Charpentier[1]) hatte hier ihre gänzliche Unzulänglichkeit gezeigt, aber für die Erscheinungen des Nordens schien sie ungemein passend. Ausgezeichnete englische Geologen, wie Lyell[2]), Darwin[3]), Sir Roderick Murchison[4]) und Andere, sowie von den Deutschen vor allem Bronn[5]), ferner Forchhammer[6]) und Frapolli[7]) warfen sich zu ihren Verfechtern auf. Ursprünglich nahm man an, dass die Eisberge des Polarmeeres sowie Packeismassen erratisches Material zerstreuten und beim Auffahren auf den Strand Felsschliffe erzeugten; das ganze von erratischen Erscheinungen bedeckte Areal habe unter Meer gelegen. Später führte jedoch eine erweiterte Kenntniss des erratischen Phänomens in den schottischen und skandinavischen Hochlanden zu einer Modifikation dieser Hypothese. Man nahm an, dass die Bergländer des Nordens Gletscher in ihren Thälern beherbergt hätten; als Inseln hätten sie in dem nordeuropäischen Driftmeere aufgeragt, sie hätten ihre Eisströme in das Meer gesandt, dort hätten sich dieselben in Eisberge aufgelöst. Diese

---

[1]) Essai sur les glaciers. p. 181.

[2]) On the Boulder-Formation of Eastern Norfolk. Philos. Magas. S. 3. vol. XVI. 1840. p. 351. Principles of Geology etc.

[3]) Notes on the Effects produced by the ancient glaciers of Caernarvorshire, and on Boulders transported by floating Ice. The Edinb. new phil. Journ. XXXIII. 1842. p. 352.

[4]) Glasgow Meeting British Association. On the Glacial Theory. Anniv. Address pres. geol. Soc. 1841. The Edinb. new philos. Journ. 1842. XXX. p. 124.

[5]) Neues Jahrb. f. Min. und Geolog. X. p. 70.

[6]) Poggendorff's Annalen. LVIII. 1843.

[7]) Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IV. 1846/47. p. 416.

Digitized by Google

letzteren nun hätten das erratische Material über das Driftmeer verbreitet, und dasselbe unregelmässig abgelagert.

Diese Theorie war in vieler Hinsicht befriedigend; sie gab eine ganz gute Erklärung der Erscheinungen am Rande des nordischen „Driftdistriktes", und weiter noch, sie schien auch den Schlüssel zur Erklärung grösserer Gletscherverbreitung zu gewähren. Man meinte, allerdings im Gegensatze zu den Ergebnissen meteorologischer Forschung, dass das Meer in Nordeuropa einen abkühlenden Einfluss auf das Klima gehabt habe und somit eine Ausdehnung der Gletscher in den europäischen Bergländern verursacht habe. Aber bald stellte sich die Unzulänglichkeit dieser Drifttheorie heraus. Jene Forscher, welche das erratische Phänomen in den nordischen Hochländern untersuchten, sahen dasselbe ununterbrochen in die Ebenen sich fortsetzen, nirgends fand sich eine Stelle, welche andeutete, dass sich hier die Gletscher der Gebirge in Eisberge auflösten. Zudem erwuchs der Gletschertheorie eine neue Stütze in bis dahin nicht bekannt gewesenen Thatsachen der Jetztzeit.

Rink[1]) lehrte in Grönland ein gänzlich übereistes Gebiet kennen. Was man bis dahin für unmöglich gehalten, war thatsächlich der Fall. Man sah hier ein Land mit Gletschern gänzlich und zusammenhängend bedeckt, man sah eine solche Eisfläche vor Augen, wie sie früher als Bedeckung des Nordens angenommen worden war. So brach sich von neuem die Anschauung Bahn, dass Skandinavien gänzlich vergletschert gewesen sei. Kjerulf[2]) verfocht dies für Norwegen; Torell[3]) arbeitete diese Annahme, unterstützt durch reichliche Erfahrungen in den Polarländern, für Schweden aus, nachdem schon früher Hampus von Post gezeigt hatte, dass bei der Bildung mancher schwedischer Ablagerungen

---

[1]) Om den geographiske Beskaffenhed af de danske Handelsdistrikter i Nord-Grönland tilligemed en Udsigt over Nord-Grönlands Geognosi. K. Dansk Vid. Selskabs. Skr. 5. R. 3. B. 1852. p. 37. Grönland, geographisk og statistisk bescrevet. 1852. 1855. 1857.

[2]) Jagttagelser over den postpliocene eller glaciale formation i en del af det sydlige Norge. Universitetsprogram Christiania 1860. p. 6.

[3]) Bidrag till Spetsbergens Molluskfauna. 1859. Undersökningar öfver istiden. Öfvers. Vetensk. Akad. Förh. Stockholm 1872.

Digitized by Google

Gletscher thätig gewesen seien[1]); eine gänzliche Vereisung Schottlands wurde von neuem besonders durch JAMIESON[2]) verfochten, nachdem RAMSAY[3]) zuvor schon ausgesprochen hatte, dass alle „Driftdistrikte“ vergletschert gewesen seien.

Das Studium der heutigen Gletscher hatte in den Alpen den ersten Impuls zur Lösung des erratischen Phänomens gegeben. In den Alpen befestigte sich die Lehre einer früheren grossen Gletscherentfaltung; die Kenntniss der polaren Inlandeismassen in Grönland, Spitzbergen und auf Island erweiterte diese Anschauung und führte wieder zur Annahme der von AGASSIZ behaupteten Uebereisung ganzer Landestheile. Der Schwerpunkt der Glacialforschung verlegte sich aus den Alpen nach dem Norden Europas. Schottische und skandinavische Geologen begannen ihre Studien weit über die Grenzen ihrer Heimat auszudehnen. Sie fanden allüberall dieselben Phänomene, wie an den Punkten, von welchen sie ausgingen. Vertraut mit den Charakteren der Grundmoräne konnten sie nicht anstehen, den englischen „Boulderclay“, den norddeutschen „Geschiebelehm“ auch für eine solche zu halten, zumal als sich herausstellte, dass unter beiden auch geschliffene Felsflächen vorkommen. Die ziemlich beträchtlichen, geschichteten Gebilde, welche in Verbindung mit den Grundmoränen auftreten, und welche vor allem der Drifttheorie als Stütze zu dienen schienen, wurden für die Anschwemmungen von Gletscherbächen erklärt. So verfochten nordische Gelehrte eine ähnliche Entwicklung des Eises im Norden Europas, wie einst J. DE CHARPENTIER, AGASSIZ und VENETZ, und in dem Maasse, wie sie diese Annahme befestigten, entzogen sie auch mehr und mehr der Drifttheorie den Boden. Ihre Untersuchungen wirkten befruchtend auf das Studium der erratischen Phänomene sowol in England als auch in Deutschland, bis sich auch hier Stimmen für Annahme der Gletschertheorie erfolgreich Geltung verschafften.

---

[1]) Om kross-stensbäddar i Skedvi Socken. Öfvers. kgl. vet.-akad. afhandl. Stockholm 1856. p. 235.

[2]) On the Ice-worn Rocks of Scotland. Quart. Journ. geolog. Soc. XVIII. 1862. p. 164. On the History of Last geological Changes in Scotland. Quart. Journ. geolog. Soc. XXI. 1864. p. 161.

[3]) On the Glacial Origin of certain Alpine Lakes. Quart. Journ. geolog. Soc. London. XVIII. 1862. p. 204.

Digitized by Google

Erst musste die Unhaltbarkeit der Drifttheorie schlagend nachgewiesen sein, ehe man völlig den Ausspruch von AGASSIZ würdigen konnte, dass gekritzte Geschiebe und geschliffene Felsoberflächen, wo auch sie vorkommen, als Beweise für eine ehemalige Eisausdehnung anzusehen sind. Dadurch ist nun ein treffliches Mittel gewonnen worden, die Eiswirkungen in früheren Perioden der Erdgeschichte zu verfolgen, wobei man sich jedoch immer erinnern muss, dass jede Eisausdehnung nicht nur die Bildung von Moränen, sondern auch die Ablagerung mächtiger Schottermassen im Gefolge hat. Nur in den Moränen sind gekritzte Geschiebe zu erwarten.

Die Drifttheorie setzte Veränderungen in der Vertheilung von Wasser und Land voraus, und durch eben diese Veränderungen glaubte man die Gletscherentwicklung in den Alpen und anderen mitteleuropäischen Gebirgen erklären zu können. Indem nun aber gezeigt wurde, dass gerade jene Distrikte, welche einst unter dem Meere gelegen haben sollen, vergletschert gewesen sind, ist jener Annahme der Boden entzogen worden; von neuem hat sich die Meinung befestigt, dass eine allgemeine Temperaturerniedrigung die Gletscherentwicklung bedingt hat. RAMSAY[1]) war es, welcher auch hier fördernd eingriff und AGASSIZ' Annahme einer Eiszeit neu belebte. Vielfach, wenn auch keineswegs allgemein, wird diese Meinung getheilt, und selbst der kühne Gedanken von AGASSIZ über die Periodicität solcher Eiszeiten hat wieder Beifall erlangt. AGASSIZ hat denselben zwar ebensowenig begründet, wie die Vermuthung einer fast gänzlichen Vereisung der nördlichen Hemisphäre. HOGARD[2]) dürfte der erste gewesen sein, welcher auf Spuren von Gletscherwirkungen in älteren Formationen wenigstens beiläufig hinweist. Er zeigt, dass Gerölle aus dem Vogesensandsteine und tertiärer Nagelfluh der Schweiz absolut übereinstimmen mit Geschieben, deren Zustandekommen er ausschliesslich auf Eiswirkungen zurückführt. Heute muss freilich gesagt werden,

[1]) On the Glacial Origin of certain Lakes in Switzerland. Quart. Journ. Geolog. Soc. London. XVIII. 1862. p. 185. „The Glacial Period" (p. 204).

[2]) Coup d'oeil sur le terrain erratique des Vosges. Epinal 1848. Einleitung.

Digitized by Google

dass diese letztere Annahme eine Täuschung war. In ein wesentlich weiteres Stadium trat jedoch diese Frage, als sich RAMSAY[1]) ihr widmete, auf die grosse Aehnlichkeit mancher Partien des englischen Rothliegenden mit dem englischen Geschiebelehme, dem Boulderclay, hinwies, und in denselben Spuren von Glacialwirkungen erkannte; als dann in rascher Folge in der ganzen Reihe der geologischen Formationen besonders durch englische Gelehrte Erscheinungen bekannt wurden, welche man auf Gletscherthätigkeit zurückführte. Aber nicht nur in älteren Formationen fand man Gletscherspuren, man gewann auch Anhaltspunkte dafür, dass in der Diluvialzeit alle grösseren Gletschergebiete mehrmals hintereinander vereist gewesen seien. VENETZ, der Vater der Glacialgeologie, hatte dies immer von der Schweiz angenommen, MORLOT[2]) glaubte hier in der That zwei Vergletscherungen nachweisen zu können, und schon bevor RAMSAY mit seinen epochemachenden Untersuchungen an die Oeffentlichkeit getreten war, hatte MORLOT[3]) sich zu Gunsten einer Periodicität der Eiszeit ausgesprochen. Eine Reihe von Autoren kam nach ihm in den Alpen zu demselben Ergebnisse. Besonders fördernd waren die Arbeiten HEER's[4]), durch welche eine milde Zwischenperiode, eine Interglacialzeit, zwischen zwei Eiszeiten erkannt wurde. Auch das Studium der Glacialphänomene des Nordens scheint nicht bloss zur Annahme einer Eiszeit zu führen. CHAMBERS[5]) zuerst und später mit grösserer Schärfe ARCHIBALD GEIKIE[6]) suchten in Schottland mehre aufeinanderfolgende Vergletscherungen nachzuweisen, und JAMES

---

[1]) On the Occurence of angular, subangular, polished and striated fragments and boulders in the Permian Breccia of Shropshire, Worcestershire, and on the probable existence of Glaciers and Icebergs in the Permian Epoch. Quart. Journ. geolog. Soc. XI. 1855. p. 185.

[2]) Notice sur le quaternaire en Suisse. Bull. Soc. vaud. IV. 1854. p. 41.

[3]) Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. Arch. d. science phys. et nat. Bibl. univers. Genève 1855. 29. p. 33.

[4]) Urwelt der Schweiz.

[5]) JAMESON's Edinburgh. phil. Journ. Apr. 1853.

[6]) On the Phenomena of the Glacial-Drift of Scotland. Transactions geolog. Soc. of Glasgow 1863. vol. I. part I.

Digitized by Google

GEIKIE[1]) führte aus, wie auf den britischen Inseln sowie in allen genauer untersuchten Gletschergebieten verschiedene Grundmoränen als Zeugen verschiedener Eisausdehnungen während der Diluvialperiode vorhanden sind.

Je nach den Ansichten über die Ursachen der Vergletscherungen hat man den angeführten Beobachtungen verschiedenes Gewicht beigelegt. LYELL, welcher nur allein in geographischen Verhältnissen die Ursachen der Eisausdehnung zu erkennen glaubte, führte Spuren früherer Gletscherentfaltung lediglich auf geographische Veränderungen zurück, in dem Maasse jedoch, als sich die Lehre einer Eiszeit neue Anhänger gewann, befestigte sich die Anschauung, dass irgend welches periodisch wiederkehrende kosmische Ereigniss die Gletscherentfaltungen bedingt habe. JAMES CROLL[2]) entwickelte 1864 zuerst den Gedanken, den er später weiter verfocht[3]), dass das Klima fortwährenden Schwankungen unterworfen sei, je nach der Veränderung der Excentricität der Erdbahn und der Stellung der Aequinoctialpunkte. Er entkleidete so die Eiszeiten ihres katastrophenartigen Charakters, und deutete sie nur als Folge besonders intensiver klimatischer Schwankungen. Dadurch wird die Lehre von der Eiszeit zur Lehre von klimatischen Veränderungen, und JAMES GEIKIE[4]) zeigte neuerlich, dass seit der Gletscherentfaltung zur Diluvialzeit auch noch fortwährende Oscillationen des Klimas stattgefunden haben.

Allein wie heute die Dinge liegen, so kann noch nicht gesagt werden, dass die Annahme wiederholter Vereisungen zur Diluvialzeit, oder gar deren Auftreten in früheren Perioden von allen Forschern als unbestreitbare Thatsache angesehen wird. Eine nicht geringe Anzahl von Geologen hat sich entschieden gegen diese Annahme ausgesprochen, und die Stellen, welche von der einen Seite als beweisend für eine mehrfache Vereisung angesehen werden, werden von der andern in anderer Weise gedeutet. Aber

---

[1]) Changes of Climate during the Glacial Period. Geolog. Mag. 1872. The Great Ice Age. 1874. 2. Aufl. 1877.

[2]) On the Physical Cause of the Change of Climate during Geological Epochs. Philos. Magaz. IV S. 28. 1864. p. 121.

[3]) Climate and Time. 1875.

[4]) Prehistoric Europe. 1881.

Digitized by Google

gerade diese Verschiedenheit der Meinungen lässt es wünschenswerth erscheinen, jedes einzelne einschlägige Phänomen mit besonderer Vorsicht zu prüfen, und jedes, wenn auch noch so abgeschlossene, Untersuchungsgebiet kann im Stande sein, Material zur Entscheidung der Frage zu liefern, ob während der Diluvialzeit sich mehre Vereisungen geltend gemacht haben, und ob demnach anzunehmen ist, dass das Klima fortwährendem Wechsel unterworfen ist. Die enorme Entfaltung von Eismassen während der Glacialzeit hat dem Glacialstudium einen neuen Impuls gegeben; indem man die Spuren einer Eiszeit erkannte, drängte sich die Frage nach deren Ursachen auf und führte zur Kenntniss eines klimatologischen Problems. Allein damit ist die Anregung noch nicht abgeschlossen; in Anbetracht einer so gewaltigen Eisentwicklung wird nahe gelegt, die Wirkungen derselben auf der Erdoberfläche näher zu verfolgen und vor allem zu entscheiden, ob und in welcher Weise die Bodengestaltung durch die Vergletscherung beeinflusst worden ist.

Orographische Werke der Gletscher regten das Glacialstudium zuerst an; das Studium der anhäufenden Wirkungen derselben, das Studium der Moränenwälle hat den ersten Beweis früherer Gletscherausdehnung geliefert. Die Verfolgung der Gletscherspuren hat gezeigt, dass die Gletscher in derselben Weise allenthalben Material angehäuft und in allen Gletscherbezirken eine bestimmte Bodenkonfiguration erzeugt haben, welche Desor kürzlich passend als „Moränenlandschaft“ bezeichnete. Allein die alten Gletschergebiete sind auch durch andere orographische Züge charakterisirt. Ramsay[1]) zeigte 1862, dass alle alten Gletschergebiete durch enormen Seenreichthum ausgezeichnet sind, und er erklärte diese Thatsache dadurch, dass er in jenen Seen Werke der Gletschererosion erblickte. Die Fjorde, deren Beschränkung auf die Küsten höherer Breiten schon Dana[2]) 1849 hervorhob, wurden von ihm gleichfalls als Werke der nagenden Thätigkeit des Eises gedeutet, und so erklärte sich ihre geographische Lage.

[1]) On the Glacial Origin of certain Lakes in Switzerland. Quart. Journ. geolog. Soc. London. XVIII. 1862. p. 185.

[2]) U. S. Exploring Expedition 1836—1842 under the command of Wilkes. Vol. X. Geology by Dana. 1849. p. 675.

Digitized by Google

In den Alpen war G. DE MORTILLET[1]) kurz zuvor zu einem ganz ähnlichen Resultate wie RAMSAY gekommen, jedoch auf anderem Wege. Er war nicht von der geographischen Verbreitung jener Seen ausgegangen, sondern von deren geologischem Alter. Er suchte zu zeigen, dass ihre Entstehung gerade in die Glacialzeit fiele und war demnach geneigt, sie als ein Werk derselben anzusehen. Während jedoch RAMSAY die Binnenseen und Fjorde der alten Gletschergebiete gänzlich durch das Eis ausschleifen lässt, nimmt DE MORTILLET nur an, dass sie durch dasselbe wieder ausgehöhlt worden seien, d. h. wo sie heute sich ausdehnen, waren früher schon Vertiefungen, welche durch loses Material ausgefüllt wurden, das dann durch das Eis wieder ausgepflügt wurde. Jedenfalls führen aber beide, DE MORTILLET und RAMSAY, die Entstehung der Seen auf erodirende Wirkungen des Eises zurück. Aber in dieser Annahme fanden sie fast allgemeinen Widerspruch. Die Gletscher erodiren nicht, sondern konserviren ihre Unterlage, wurde ihnen entgegnet, und lebhafte Erörterungen werden seither über den Umfang der Wirkungen des Eises auf den Boden gepflogen.

Allein die merkwürdige geographische Beziehung zwischen der Verbreitung der Seebecken und Fjorde, welche als supra- und submarine Gebilde derselben Art zu gelten haben, ist doch zu entschieden, als dass sie rein zufällig sein könnte, und es entwickelte sich über ihre Ursache eine Anschauung, welche von der RAMSAY'schen diametral abweicht.

AGASSIZ[2]) sprach wol zuerst den Gedanken aus, dass die Alpenseen durch die frühere Vergletscherung vor ihrer Ausfüllung bewahrt worden wären, sie seien durch das Eis konservirt. Diese Anschauung wurde nun, nachdem RAMSAY die geographische Beziehung zwischen alten Gletschergebieten und Seen und Fjorden nachgewiesen, zunächst wieder auf die Alpenseen durch DESOR[3])

---

[1]) Note géologique sur Palazzolo et le lac d'Iseo en Lombardie. Bull. Soc. géol. II. S. t. XVI. 1858 59. p. 86. Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes. Atti Soc. ital. sc. nat. vol. III. 1861. p. 44.

[2]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 304.

[3]) De la physionomie du lacs suisses. Revue Suisse. t. XXIII. 1860. p. 139.

Digitized by Google

sowie ganz allgemein, insbesondere durch Reclus[1]), auf die Binnenseen und Fjorde der alten Getschergebiete anzuwenden gesucht. Sie sollen Reste von Unebenheiten der Erdoberfläche sein, die durch die Vereisung erhalten wurden, während sie anderorts zugefüllt und eingeebnet worden sind. Nach dieser Annahme sind die Seebecken die Folge der konservirenden Eigenschaft des Eises.

Heute nun stehen sich die verschiedenen Ansichten über die Bildung der Binnenseen und Fjorde noch völlig unvermittelt gegenüber. Haben sich nordische Forscher mit Vorliebe den Ramsay'schen Ideen angeschlossen, und, wie nicht zu leugnen, manche Thatsache zu deren Befestigung gewonnen, so sind die Alpengeologen durchwegs anderer Meinung. Es eröffnet sich also auch auf diesem Gebiete der Lokalforschung wieder die schöne Aussicht, zur Entscheidung lebhaft umstrittener Fragen beitragen zu können und den gestaltenden Einfluss der alten Vergletscherungen zu ermitteln.

Das Studium der erratischen Phänomene lehrte zunächst ein neues Agens kennen, welches in der Erdgeschichte wirksam gewesen. Es bedurfte eines langen Kampfes, bis es gelang das Eis als ausschliessliche Ursache dieser Phänomene zu erkennen. Lange Jahre hat es gebraucht, bis alle die Ablagerungen, welche der Gletscherwirkung zu danken sind, richtig gedeutet wurden, und jetzt handelt es sich darum, die zerstörenden und destruktiven Wirkungen des Eises zu verfolgen. Aber ein weites Feld öffnet sich nun, nachdem die Frage nach der Ursache der Eiszeit durch Auffindung von Spuren derselben in älteren Formationen in eine neue Phase getreten, und sich die Glacialforschung einem der schwierigsten Gebiete der physikalischen Erdkunde nähert.

Noch sind die Würfel aber nicht gefallen, noch ist es Aufgabe einer objektiven Forschung, Material zu sammeln und darnach den Entscheid zu Gunsten dieser oder jener Meinung zu gewinnen, und in diesem Sinne soll versucht werden, die Glacialphänomene Oberbayerns nicht bloss als Lokalerscheinungen zu betrachten und zu sichten.

[1]) Vergl. Reclus-Ule, Die Erde. 1876. Bd. II. p. 105.

Digitized by Google

I. ABSCHNITT.

LETZTE VERGLETSCHERUNG
VON
OBERBAYERN UND NORDTIROL.

I.
UNMITTELBARE GLACIALWIRKUNGEN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kapitel II.

Orographische Skizze des Gebietes der südbayerischen Glacialformation und historische Entwicklung von deren Kenntniss.

Abhängigkeit des Glacialphänomens von der Bodenkonfiguration. Orographie der deutschen Alpen. Das Innthal. Thäler der bayerischen Alpen. Muthmaassliche Gletscherentwicklung. Vergletscherung des Innthales von FRIGNET und MORLOT angenommen. Fluththeorie von PICHLER und UNGER. Erklärungen des erratischen Phänomens auf der Hochebene. Fluththeorien von WEISS, SCHÖNNAMSGRUBER, GÜMBEL. Gletschertheorie von STARK, ZITTEL, GÜMBEL.

Eine ehemalige grosse Entfaltung von Gletschern, wie sie von J. DE CHARPENTIER zuerst in einem Theile der Schweiz bewiesen wurde, ist durch spätere Untersuchungen allenthalben in den Alpen erkannt worden. Nicht nur alle schweizer Thäler sind mit Eisströmen erfüllt gewesen, dasselbe gilt auch von den Thälern Savoiens und des Delphinats. Sämmtliche Thäler, welche den Südabhang der Alpen herabsteigen, enthielten Gletscher, welche sich bis weit in die Poebene hineinschoben. Auch die Thäler der Ostalpen waren vereist. Freilich mangelt es gerade hier noch sehr an einschlägigen Beobachtungen, um sich ein genaues Bild von der Entwicklung der Gletscher zu schaffen, allein die wenigen vorhandenen Anhaltspunkte bestätigen vollauf den Fundamentalsatz der Lehre CHARPENTIER's, nämlich den, dass das erratische Phänomen von der Bodenkonfiguration, von dem Relief des Landes abhängig ist. Somit gewährt die Geographie der Alpen die Grundlage zum Verständniss der Glacialerscheinungen.

Drei grosse Thäler führen aus dem centralen Theile dieses Gebirges nach dem Süden Deutschlands. Es sind dies das Rhein-,

Digitized by Google

Inn- und Salzachthal. Längst schon hat man den Eisstrom des Rheinthales verfolgt und seine Beziehungen zum Diluvium des südlichen Schwabens erkannt. A. Escher von der Linth[1]) zeigte, dass sich dieser Gletscher bei seinem Austritte aus den Alpen fächerförmig ausbreitete, den Bodensee überschritt und sich bis in das Flussgebiet der Donau erstreckte. Weiter nach Osten werden die Verhältnisse komplicirter, zufolge der Topographie der Gegend. Es beginnt die Domäne des Inngletschers und seiner Dependenzen und Nebengletscher. Daran schliesst sich, nur theilweise in das Gebiet des deutschen Reiches fallend, das Bereich des Salzachgletschers an.

Während in den westlichen Theilen der Alpen die Querthäler unbedingt vorwiegen und das Gebirge auf dem kürzesten Wege dränirt wird, sind die Ostalpen durch zahlreiche, wol ausgebildete Längsthäler charakterisirt. Die vielen Adern, welche die Entwässerung der Centralkette besorgen, verlassen das Gebirge nicht auf kürzestem Wege. Sie sind genöthigt, auf mehr oder minder grossen Strecken ihres Laufes jenem grossen Längsthale zu folgen, welches die Centralalpen, also im wesentlichen das Gebiet der krystallinischen Schiefer, von den nördlichen Kalkalpen scheidet. Nur an drei Stellen durchbrechen östlich vom Rhein Abflüsse der Centralkette die nördlichen Kalkalpen, es sind dies Inn, Salzach und Enns. Ausserdem aber werden die nördlichen Alpen von zahlreichen Querthälern durchsetzt, welche jedoch nirgends bis zur Centralkette sich verlängern, wenn sie auch öfters gegen jene grosse Senkung geöffnet sind, welche die Centralkette von den Kalkalpen trennt.

Tief im Herzen der Centralalpen nimmt das Innthal seinen Ursprung. Von Südwest nach Nordost verläuft das Oberinnthal, bei Landeck jedoch ändert sich die Richtung des Thales, es bildet nun auf eine Entfernung von ungefähr 150 km die Scheide zwischen Centralkette und nördlichen Kalkalpen. Es sammelt die zahlreichen Abflüsse der ersteren. Mit dem Stanzerthale vereinigen

---

[1]) Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt. Aus: Zwei geologische Vorträge von Heer und A. Escher von der Linth. Zürich 1852.

Digitized by Google

sich in ihm Wasser der rhätischen Alpen, das Piz- und Oetzthal führen ihm die Gewässer der Oetzthaler Gruppe zu, das vom Brenner kommende Sillthal bringt ihm Zuflüsse aus der Stubaier Gruppe, das Zillerthal solche aus den Zillerthaler Alpen. Endlich bei Kufstein durchbricht es die Kette der nördlichen Kalkalpen.

Es ist bemerkenswerth, dass diese letzteren dem Inn kaum irgend einen namhaften Zufluss senden. Sie werden direkt nach Norden entwässert. Da, wo sie mit den Centralalpen am nahesten zusammentreten, entspringen ihre Hauptwasseradern. In der Nähe des Arlberges, welcher den höchsten Punkt in dem grossen Längsthale zwischen Central- und nördlichen Kalkalpen bildet, entspringen Bregenzer Ach, Iller und Lech, und bilden in sich abgeschlossene Thäler. Die erstere fliesst dem Rheine zu, die letzteren werden der Donau tributär. Die Thäler hingegen, welche in den Alpen nördlich des Inns entspringen, also die Thäler der nordtiroler und oberbayerischen Alpen, haben meist eine Oeffnung nach dem Innthale selbst. Sie durchbrechen die Kalkalpen als mehr oder minder tiefe Scharten, welche meist über 1000 m unter der mittleren Kammhöhe liegen und sich nur um 500—800 m über die Sohle des Innthales erheben. Diesen Scharten folgen seit alters her Strassen; Fernpass, Seefelderpass, Achenpass und der wenig wegsame Kaiserpass öffnen die Thäler Oberbayerns nach dem Inn.

Alle Thäler also, welche zwischen Rhein und Inn die Alpen verlassen, reichen nicht bis zur Centralkette, und, was für das Studium der erratischen Phänomene von besonderem Werthe ist, sie berühren nirgends das Gebiet der krystallinischen Schiefer. Die westlichsten dieser Thalsysteme sind fast gänzlich in sich abgeschlossen, die östlichen hingegen durch tiefe Pässe nach dem Längsthale, welches Central- und nördliche Kalkalpen trennt, geöffnet.

Die Mächtigkeit der diluvialen Gletscher in den Alpenthälern ist überall eine enorme gewesen. Das Wallis war bis zu einer Höhe von 1600 m über den Rhonespiegel vereist, in den Thälern des Delphinat erhob sich das Eis im Mittel bis zu 1200 m Meereshöhe, während die Thalsohle sich nicht wesentlich über 200 m erhebt. Die Folge dieser erstaunlichen Mächtigkeit ist, dass sich die Gletscher aus dem einen Thalgebiete öfters auf niedrigen

Digitized by Google

Pässen in ein benachbartes ergiessen konnten. Ein Beispiel hierfür ist der Rheingletscher. Er theilte sich bei Sargans. Ein Arm drang in das Linththal vor, der andere folgte dem Laufe des Rheines. Der Aaregletscher sandte einen Zweig über den Brüningpass in das Flussgebiet der Reuss. Der Isèregletscher gab bei Albertville einen Zweig ab, welcher sich in das schöne Thal von Annecy erstreckte, theilte sich sodann bei Chambéry, um einerseits nordwärts über den See von Bourget nach dem Rhonethal sich zu ergiessen, und um andererseits nach Südwesten dem heutigen Isèrethale, dem Gresivaudan, bis unterhalb Grenoble zu folgen. Der Gletscher des Etschthales setzte sich durch das Becken des Gardasees fort. Waren nun die östlichen Alpen in demselben Maasse vereist wie die westlichen, so mussten sich ähnliche Phänomene, wie die geschilderten, ungemein oft wiederholen. Die Gletscher der Centralalpen mussten im Stande sein, durch die geöffneten Querthäler der nördlichen Kalkalpen vorzudringen, und vielfach mussten sie in Längsthälern mit einander zu einer einzigen gewaltigen Eismasse verschmelzen. Besass der Gletscher des Innthales nur eine Mächtigkeit von 1000 m, so musste er über die namhaft gemachten Pässe der nordtiroler Alpen geradezu überfliessen, er musste Arme und Zweige in die Flusssysteme der bayerischen Alpen senden und sich durch diese bis auf die bayerische Hochebene erstrecken. Hier mussten diese Arme in ähnlicher Weise zu einem Eismeere verschmelzen wie die schweizer Gletscher in der schweizerischen Ebene, wie die Gletscher des Delphinats in der Umgebung Lyons.

Längst schon ist ausgesprochen worden, dass das Innthal in der That in ähnlicher Weise vergletschert gewesen ist wie die schweizer Thäler. Frignet[1]) lernte zuerst die Ausdehnung des erratischen Phänomens daselbst kennen, und nach Morlot[2]) erreichte der Inngletscher eine Mächtigkeit von 3000 Fuss. Allein

---

[1]) Du phénomène erratique en Tirol, et particulièrement dans la vallée de l'Inn. Thèse de géologie présentée à la faculté des sciences de Strassbourg. 1846.

[2]) Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der östlichen Alpen. Wien 1847. p. 61.

Digitized by Google

diese Annahme fand keinen Anklang. PICHLER[1]) suchte die Verbreitung von Findlingen aus den Centralalpen in den nördlichen Kalkalpen durch Fluthungen zu erklären, welche aus dem Innthale in die Thäler der Kalkalpen eindrangen; solche Fluthungen hatte schon UNGER[2]) zur Erklärung des Phänomens herbeigezogen.

Auf der südbayerischen Hochebene hatten die erratischen Bildungen schon zeitig das Interesse der Forscher erregt. FLURL[3]) erwähnt ausführlich des erratischen Schuttes und meint, das Gebirge müsse früher höher gewesen sein, sonst habe es nicht so viele Trümmer liefern können. J. F. WEISS[4]) sagt über die ihm wolbekannten erratischen Blöcke: „Ob die bisherige Erklärungsweise — dass sie auf Eisschollen bey dem höhern Stande der Gewässer aus den entfernten Geburtsstätten an die jetzigen Orte ihres Vorkommens übergeschifft wurden — genügend sey, wage ich nicht zu entscheiden.“ Er sucht die Anhäufung des erratischen Schuttes, seiner „aufgeschwemmten Berge“, sowie die Bildung mancher Seen Südbayerns durch die Annahme zu erklären, dass einst aus den Alpenthälern gewaltige Wassermassen hervorströmten, das Land theils aufwühlend, theils durch Schuttablagerung erhöhend. SCHÖNNAMSGRUBER[5]) erkannte zuerst eine bestimmte Beziehung zwischen der Vertheilung des erratischen Materials am Fusse der bayerischen Alpen und den Thalzügen. Aber auch er war noch in den Fluththeorien befangen, er verwarf die Gletschertheorie sowol für unser Gebiet als auch überhaupt und erklärte die Vertheilung des erratischen Schuttes durch eine

---

[1]) Beiträge zur Geognosie Tirols. I. 1859.

[2]) Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse. Wien 1826. p. 70.

[3]) Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. München 1792. p. 20—22.

[4]) Südbaierns Oberfläche nach ihrer äussern Gestalt. München 1820. p. 123.

[5]) FRIEDR. SCHÖNNAMSGRUBER: Ueber das Gesetzliche in der Verbreitung der Diluvialfluthen. Corresp.-Blatt d. zoolog.-mineral. Vereins Regensburg. Bd. XI. 1857. p. 121. — Die Diluvialfluthen des Salzachgebietes. Ebendaselbst p. 135. — Ueber den Ursprung der Hornblendegesteine im Flussgerölle der Donau bei Ingolstadt. Ebendaselbst. Bd. XIV. 1860. p. 123.

Digitized by Google

2000—3000 Fuss mächtige Wassermasse, welche im Innthale dahinschoss, sich in den Thälern der bayerischen Alpen verbreitete und in denselben an verschiedenen Stellen das Vorland erreichte. Diese Fluth entwickelte sich also ganz nach der Art eines Gletschers, sie fand die Thalzüge bereits fertig gebildet vor.

Selbst GÜMBEL's [1]) epochemachende Untersuchungen in den bayerischen Alpen brachten noch keine Lösung des erratischen Problems. Auch GÜMBEL war kein Anhänger der Gletschertheorie, welche den Schlüssel zum Verständniss jenes Phänomens gewährt. Seinem scharfen Auge entgingen zwar keineswegs die Glacialbildungen, eine Reihe bemerkenswerther Züge ihrer Verbreitung wurden von ihm beobachtet, allein er erklärte deren Zustandekommen gleichfalls durch eine gewaltige Fluth. Die Centralalpen hätten früher eine grössere Höhe gehabt, sie seien daher in grossartigem Maasse mit Schnee und Eis bedeckt gewesen. Da senkten sie sich plötzlich, Schnee und Eis schmolzen und verwandelten sich in enorme Wassermassen, die sich in der Thäler der Kalkalpen ergossen, selbst über die Pässe anschwollen und sich auf der Hochebene verbreiteten, überall lagerten sie Schutt und erratische Blöcke ab, oder wühlten tiefe Thalfurchen aus. GÜMBEL theilte also im wesentlichen die Ansicht ELIE DE BEAUMONT's, und gleich WEISS nahm er an, dass dasselbe Phänomen, welches die erratischen Blöcke verbreitete, der Oberfläche Südbayerns ihre endgültige Gestaltung gab. DESOR [2]) nun schöpfte aus GÜMBEL's reichen Mittheilungen, er nahm eine Vergletscherung der südbayerischen Hochebene an, aber seine Mittheilungen über diesen Gegenstand geschehen nur ganz beiläufig. Ein sehr eingehendes Studium der Terrainverhältnisse in Oberbayern und den nordtiroler Alpen, ferner ein genaues Studium des über die Glacialverhältnisse in den Alpen Bekannten und eine glückliche Verwerthung des veröffentlichten Materials über die erratischen Erscheinungen des Gebietes führten im Jahre 1873 F. STARK [3]) zur Kon-

[1]) Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861. p. 805.

[2]) Der Gebirgsbau der Alpen. Wiesbaden 1865. p. 115.

[3]) Die bayerischen Seen und die alten Moränen. Erläuterungen zur

Digitized by Google

struktion einer idealen Uebersichtskarte von Oberbayern zur Eiszeit. Dieselbe stellt in ganz ausgezeichneter Weise einerseits die Züge des Inngletschers dar, welche letzterer in die nordtiroler Alpen sandte, und andererseits die Ausbreitung der Gletscher in Oberbayern. Freilich sind es mehr glückliche Divinationen und Analogieschlüsse als in der Natur angestellte Beobachtungen, welche in dieser Karte niedergelegt sind, und es bedurfte noch eines wirklichen Beweises, dass sich Gletscher über die von STARK angegebenen Räume in der von ihm angenommenen Weise verbreiteten. Dieser Beweis nun ist durch ZITTEL[1]) endgültig geliefert worden.

ZITTEL erkannte gelegentlich einer Reise nach Skandinavien die ungemeine Aehnlichkeit der Bodenbeschaffenheit und der Gesteine der bayerischen Hochebene mit manchen skandinavischen Ablagerungen, und ohne von den Arbeiten STARK's Kenntniss zu haben, gelang es ihm unzweifelhafte Gletscherspuren auf der bayerischen Hochebene nachzuweisen. Er erkannte unweit München im Blocklehme eine echte Grundmoräne, er fand Gletscherschliffe und gekritzte Geschiebe. Er wies die Spuren eines alten Isargletschers nach. Er fand jedoch in den Moränen desselben ausser Gesteinen des Isargebietes auch solche der Centralkette; er schloss daraus, dass die Pässe der Nordalpen von Gletschern überschritten wurden, welche die Urgebirgsgeschiebe mit sich führten. Schliesslich stellte er eine Gliederung der diluvialen Schichten Oberbayerns auf, welche trefflichst mit den von andern Gegenden bekannten harmonirt. Er unterschied nämlich von den Moränen, den eigentlich glacialen Schichten, prä- und postglaciale Schotter.

ZITTEL[2]) ergänzte seine Beobachtungen durch einige nach-

Karte: Ideale Uebersicht von Südostbayern zur Eiszeit. Zeitschr. d. deutsch. Alpenvereins. Bd. IV. 1873 und angeführte Karte.

[1]) Ueber Gletschererscheinungen in der bayerischen Hochebene. Sitzungsber. d. math. phys. Klasse. Akad. der Wissensch. München 1874. p. 252.

[2]) Nachträgliche Bemerkungen zu dem Aufsatze über die Gletschererscheinungen der bayerischen Hochebene. Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. 1875. p. 46. — Ueber Gletschererscheinungen der bayerischen Hochebene. Ebendaselbst p. 61.

Digitized by Google

trägliche Mittheilungen, und auf Grund der neu aufgefundenen Thatsachen schloss sich Gümbel der neuen Auffassung rückhaltlos an. In seinem „Abriss der geognostischen Verhältnisse der Tertiärschichten bei Miesbach und des Alpengebirges zwischen Tegernsee und Wendelstein", welches Werkchen, als Manuskript gedruckt, den Theilnehmern an der Versammlung der Deutschen geologischen Gesellschaft in München 1875 gewidmet ist, gab er eine Uebersicht des bis dahin bekannten Materiales über die Vergletscherung Südbayerns, welches er durch neue Angaben vermehrte. Später gab Gümbel[1]) noch weitere Mittheilungen über Gletscherspuren in der südbayerischen Hochebene; nachdem zuvor Clessin[2]), an Stark's Arbeit anschliessend, die Moränengrenze westwärts bis zum Lech verfolgt hatte. Einen offenbaren Rückschritt in der Erkenntniss bekundet ein Vortrag Dürr's[3]), und Untersuchungen von Gruber[4]) fügten dem Bekannten nichts Neues hinzu. Die Fragen, welche Zittel offen lässt, nämlich ob der Inngletscher wirklich auf den angeführten Pässen in die bayerischen Alpen eindrang, ferner die Frage nach der Ausdehnung der Gletscher auf der Hochebene sind bis heute noch nicht beantwortet worden.

---

[1]) Die geognostische Durchforschung Bayerns. Rede in der öffentl. Sitzung d. k. bayer. Akademie d. Wissensch. München 1877. p. 72.

[2]) Der Ampergletscher. Corresp.-Blatt d. zoolog.-mineral. Vereins Regensburg. XXIX. 1875. p. 25. 50.

[3]) Das Alpenvorland zwischen Amper und Mangfall. Augsburger Allgemeine Zeitung. Beilage. März 1877.

[4]) Das Isarthal zwischen der Loisach- und der Ampereinmündung. Jahresber. d. geogr. Gesellsch. München 1877/1879. VI. 1880.

Digitized by Google

Kapitel III.

Die Grundmoräne.

Erratische Blöcke. CHARLES MARTINS über die Grundmoränen heutiger Gletscher. Der Blocklehm Südbayerns eine Grundmoräne. Gekritzte Geschiebe. Ablagerung der Grundmoräne, Schichtung und parallel geschrammte Geschiebe in derselben. Gletscherschliffe mit gekreuzten Schrammen. Aufarbeitung der Unterlage, Schichtenstauchungen. Aehnlichkeit des süddeutschen Blocklehmes mit dem norddeutschen Geschiebelehme. Erratische Bestandtheile der Grundmoräne. Schwierigkeit deren Herkunft zu bestimmen.

Das Vorkommen von erratischen Blöcken hat zuerst das Studium der Glacialerscheinungen angeregt und hat deren Erkenntniss wesentlich gefördert. Allein es ist weder anzunehmen, dass diese Findlinge ganz unbedingt und ausschliesslich auf Gletscherwirkungen deuten, noch ist zu denken, dass ihr Studium genau den Umfang und die Ausdehnung der Glacialgebilde erkennen lässt. Streng genommen müsste ein jeder Gesteinsblock auf secundärer Lagerstätte als erratischer gelten, und in solchem Falle kann sein Vorkommen durchaus nicht zur Stütze irgend welcher Theorie über seinen Transport dienen. Von vornherein hat man jedoch als Kriterium der erratischen Blöcke noch zwei Umstände hervorgehoben, nämlich ihre eckige und kantige Oberfläche sowie ihre Lage und ihre oft absonderliche Stellung. In der That, vielen von Gletschern verfrachteten Blöcken kommen diese Eigenschaften zu, jedoch dieselben genügen noch nicht, um den Gletschertransport in jedem Falle bestimmt zu erweisen, denn auch andere Faktoren können die Verfrachtung solcher Blöcke vermittelt haben, wie z. B. schwimmendes Eis. Vor allem aber ist zu bemerken, dass keineswegs alle durch Gletscher transportirten Blöcke jene Eigenschaften besitzen. Schon J. DE CHARPENTIER[1]) hebt hervor, dass sich in der schweizer Ebene neben grossen, eckigen erratischen Blöcken in überwiegender Zahl kleine gerundete finden. Für diese letzteren ist der Gletschertransport für jeden einzelnen Fall zu beweisen. Freilich ist nicht zu leugnen, dass die Art und Weise des Auftretens gerundeter

[1]) Essai sur les glaciers. 1841. p. 125.

Digitized by Google

Blöcke oft mit grosser Sicherheit auf deren Verfrachtungsweise schliessen lässt. Finden sich einzelne Blöcke über Berggehänge zerstreut, also an Stellen, wohin sie durch Wasserwirkung nicht gebracht sein können, oder stammen sie gar aus fremden Flussgebieten, so lassen sie sich leicht als Gletschersteine auffassen, und das Vorkommen eines einzigen kleinen Geschiebes leistet dieselben Dienste behufs Konstatirung der Höhe, welche der Gletscher erreichte, wie der grösste erratische Block. Allein alles dies setzt voraus, dass die Existenz früherer Gletscher mit Sicherheit bewiesen ist, und so lange dies nicht geschehen, kann das Vorkommen von erratischen Blöcken nicht als ein Beweis früherer Gletscherverbreitung gelten. So sehen wir in der That auch, dass das Vorkommen der erratischen Blöcke in Oberbayern längst bekannt und längst studirt war, ehe man sich gezwungen sah, das Eis als deren Verbreiter anzusehen. Es bedarf also zunächst eines Beweises früherer Gletscherausdehnung, und derselbe wird mit grösster Schärfe durch das Auftreten von Grundmoränen und der damit verbundenen Erscheinungen geliefert.

Während J. DE CHARPENTIER[1]) nur von Sand und kleinen Steinen redet, welche sich zufällig zwischen dem Eise und dem Gletscher befinden, beschrieb AGASSIZ[2]) zuerst eine Schlamm- und Geröllschicht, welche den geschliffenen Fels unter dem Eise bedeckt. Er hat diese Schicht als Gletscherschlamm, boue glaciaire, bezeichnet, welche Bezeichnung sich auch lange im Gebrauche erhalten hat, bis sie durch den von CHARLES MARTINS geschaffenen passenderen Ausdruck Grundmoräne[3]) verdrängt wurde.

Ueber die Bildung der Grundmoränen an heutigen Gletschern hat CHARLES MARTINS[4]) eine ausführliche Schilderung gegeben. Es möge gestattet sein, dieselbe hier wörtlich anzuführen: „Dringt man zwischen dem Boden und der Unterfläche eines Gletschers vor, die zahlreichen Höhlen, welche sich am Ende des Gletschers öffnen, benutzend, so trifft man auf ein Lager von Geschieben und feinem, mit Wasser imprägnirtem Sand. Entfernt man dieses

[1]) Essai sur les glaciers. p. 42.
[2]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 176.
[3]) Bull. Soc. géol. d. France. t. XIII. 1841/42. p. 343.
[4]) Revue des deux mondes. 1847. t. I. p. 704—705.

Digitized by Google

Lager, so erkennt man, dass das unterliegende Gestein durch die Reibung geglättet, polirt, abgenutzt und mit geradlinigen Kritzen bedeckt ist, welche mit einer Grabstichel oder feinen Nadel eingravirt sein könnten. Der Mechanismus, durch welchen diese Kritzen eingegraben sind, ist derselbe, den die Industrie anwendet, um Steine oder Metalle zu poliren. Mit Hilfe eines Schleifpulvers reibt man die metallische Fläche und gibt derselben so eine Politur und einen Glanz, welche von dem Lichtreflexe einer unendlichen Menge feinster Kritzen hervorgebracht werden. Das Lager von Geschieben und Schlamm zwischen Gletscher und Untergrund ist das Schleifpulver. Das Gestein ist die metallische Fläche und die Masse des Gletschers, welche das Schlammlager fortwährend drückt und bewegt, indem sie sich abwärts bewegt, ist die Hand des Polirers. Daher sind die in Rede stehenden Kritzen in dem Sinne der Gletscherbewegung gerichtet; aber da diese letztere kleinen seitlichen Abweichungen unterworfen ist, kreuzen sich die Schrammen bisweilen und bilden untereinander spitze Winkel.“ Weiter heisst es über die Bildung der Grundmoräne: „Die Seitenwände des Gletschers stehen nicht in unmittelbarer Berührung mit den Thalwänden; es ist fast immer ein kleiner Zwischenraum zwischen beiden vorhanden. Zahlreiche Trümmer gerathen zwischen die Eismauer und das Gestein. Einige bleiben in diesem Zwischenraume eingeklemmt, andere gewinnen die Unterfläche des Gletschers und bilden die Grundmoräne. Zu diesen Blöcken gesellt sich ein Theil derjenigen, welche in die zahlreichen Spalten und Schächte des Gletschers fallen, die vom Reisenden so gefürchtet werden. Alle diese Trümmer, zwischen Fels und Gletscher eingeengt, werden von dieser unaufhörlich wirkenden Presse gedrückt, gestossen und zerrieben. Sie bewahren nicht die Dimensionen, welche sie besassen, als sie sich vom Felsen loslösten. Die meisten werden zu einem undurchdringlichen Schlamme zerkleinert, welcher mit dem dem Gletscher entströmenden Wasser gemischt das Schlammlager bildet, auf welchem dieser aufruht. Die anderen bewahren die unauslöschlichen Spuren des Druckes, dem sie ausgesetzt gewesen sind. Alle ihre Ecken werden abgestossen, ihre Kanten verwischen sich, und sie nehmen die Form gerundeter Geschiebe an, oder zeigen ungleiche Flächen, welche

von der andauernden Reibung herrühren. Ist das Gestein weich wie Kalkstein, so wird das Geschiebe nicht nur abgerundet, sondern erhält auch eine Menge sich in allen Richtungen kreuzender Kritzen. Diese gekritzten Geschiebe sind von grosser Bedeutung für das Studium der Ausdehnung der alten Gletscher, es sind die abgenutzten Münzen, deren Gegenwart in fast unzweifelhafter Weise die frühere Existenz eines verschwundenen Gletschers anzeigt. In der That, nur ein Gletscher kann in solcher Weise Geschiebe bearbeiten, abnutzen und kritzen."

Der eigenthümliche Umstand, dass über das Wesen der Grundmoräne, ihre Beziehungen zu den Gletscherschliffen, sowie die Bildung der gekritzten Geschiebe noch keineswegs allgemeine Klarheit herrscht, hat mich veranlasst, obige Schilderung des ausgezeichneten französischen Gletscherkenners hier in voller Ausdehnung wiederzugeben, umsomehr als der Blocklehm Oberbayerns alle die Charaktere besitzt, welche Charles Martins von den Grundmoränen der heutigen Gletscher in so anschaulicher Weise schildert. Er stellt eine bald schlammige, bald sandig-grusige Masse dar, in welcher mehr oder minder grosse Blöcke eingebettet sind. Dieselben sind in der angedeuteten Weise bearbeitet. Sie sind mehr oder weniger gerundet, ihre Oberfläche ist geglättet und meist mit unregelmässig kreuz und quer verlaufenden, also sich häufig schneidenden Schrammen und Kritzen bedeckt. Nur selten sind dieselben untereinander parallel. Am besten lassen sie sich auf Kalksteinen wahrnehmen, doch fehlen sie keineswegs auf anderen Gesteinen, wenn sie auch auf Graniten, Gneissen und verwandten Gesteinen häufig undeutlich ausgeprägt sind. Bei einiger Uebung lassen sie sich in der Mehrzahl der Fälle erkennen. Die Grösse dieser Geschiebe ist sehr schwankend. Bei Wallgau an der Isar, also noch im Bereiche der Alpen, sah ich gekritzte Geschiebe von 2—4 m Durchmesser, in der Umgebung von Kempten, schon weit vom Fusse des Gebirges entfernt, ringsum geschrammte Blöcke von noch grösseren Verhältnissen. Im allgemeinen besitzen die Geschiebe Kopfgrösse. Ihr Volumen nimmt auf der bayerischen Hochebene sichtlich in dem Maasse ab, als man sich vom Gebirge entfernt.

Die eigenartige Vertheilung der Schrammen und Kritzen auf

Digitized by Google

diesen Geschieben, die regellose Zerstreuung dieser letzteren in dem thonigen oder grusigen Materiale des Blocklehmes kann nur zu der Meinung führen, dass der Blocklehm einen einheitlichen Körper darstellt, und man muss mit Agassiz[1]) sagen: „Es ist augenscheinlich, dass mit und in dieser Masse die gerundeten und gekritzten Geschiebe ihre Wanderung vollendet haben.“ In der That, nur indem der ganze Blocklehm als Körper vorwärts bewegt wurde, indem die Geschiebe in unregelmässigster Weise aneinander vorbei gepresst wurden, konnten sie ringsum geschrammt werden, wie es thatsächlich der Fall ist. Es ist eine häufige, jedoch durchaus irrige Vorstellung, die gekritzten Geschiebe seien dadurch entstanden, dass sie im Eise eingefroren über den Untergrund geschleift wurden. Auf diesem Wege werden Geschiebe nur auf einer Seite, nie ringsum geschrammt.

Der Blocklehm Südbayerns entstand also nicht dadurch, dass beim Abschmelzen der Vergletscherung die im Eise eingefroren gewesenen Gesteinsblöcke zurückblieben und eine besondere Schicht bildeten, wie vielfach angenommen wird, sondern er ist das Schlammlager, welches unter dem Eise und durch dasselbe fortbewegt wurde, er ist eine echte Grundmoräne. Dementsprechend ist er ungemein zähe und der Regel nach völlig ungeschichtet.

Allerdings möchte man vielleicht gegen diese Annahme einwenden, dass die Grundmoräne der heutigen Gletscher, welche uns lehrt, wie Geschiebe unter dem Eise transportirt werden, gewöhnlich nur eine sehr dünne Lage darstellt, wohingegen die Grundmoränen Südbayerns, der Blocklehm also, oft in sehr beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt sind, sodass es sich schwer vorstellen lässt, wie dieselben als zusammenhängende Masse unter dem Eise vorwärts gewälzt wurden. Dem gegenüber lässt die eben erwähnte höchst beträchtliche Grösse der gekritzten Geschiebe erkennen, dass ein Lager von mehren Metern Mächtigkeit thatsächlich unter dem Eise bewegt werden konnte. Unter keiner anderen Annahme lässt sich die allseitige Schrammung von einigen

---

[1]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinburgh new philos. Journ. 1842. XXXIII. p. 228.

Digitized by Google

Cubikmetern haltenden Blöcken erklären. In der That lässt sich auch leicht vorstellen, dass in dem Verhältniss, wie die diluvialen Gletscher grösser waren als die heutigen, auch deren Grundmoränen mächtiger waren als die jetzigen Eisströme. Die Menge des transportirten Materiales richtet sich selbstverständlich nach der Grösse der transportirenden Masse.

Ist nun auch von vornherein anzunehmen, dass die Grundmoränen der gewaltigen diluvialen Gletscher weit bedeutendere waren als die der heutigen, so gibt es doch Vorkommnisse, welche sich schwerlich in der angedeuteten Weise erklären lassen. Es finden sich Grundmoränen von so erstaunlicher Mächtigkeit, dass es sich kaum vorstellen lässt, wie dieselben als zusammenhängende Masse unter dem Eise fortgeschleppt wurden. Mehrfach treten Grundmoränen von 60—70 m Mächtigkeit auf, am Inn ist unterhalb Wasserburg unweit Gars sogar eine solche von 100 m Mächtigkeit wahrzunehmen. Diese Vorkommnisse dürften darauf deuten, dass stellenweise die Grundmoränen unter dem Eise angehäuft, also nach und nach abgelagert wurden. Hiermit steht der bemerkenswerthe Umstand im Einklange, dass manche sehr mächtige Grundmoränen eine gewisse Schichtung erkennen lassen.

So zeigen die Grundmoränen auf der Höhe des Achenpasses zwischen Tegernsee und Achensee von einiger Entfernung gesehen eine ganz merkwürdige, an Diagonalstruktur erinnernde Schichtung. Tritt man ihnen näher, so verliert sich diese Schichtung gänzlich. Man sieht nur Lagen verschiedener Korngrösse und beobachtet, dass der verschiedene Feuchtigkeitsgehalt derselben sie in der Ferne so leicht unterscheiden lässt. Unweit Innsbruck, in dem Graben der Weiherburg, lässt sich auch eine Art Schichtung in einer mächtigen Moräne erkennen, wie auf Tafel II, Fig. I darzustellen versucht ist. Gewisse Lagen wittern nämlich aus ihr heraus, sie sind resistenzfähiger als ihre Umgebung und es lässt sich ein entschiedener Parallelismus zwischen ihnen erkennen. Eine nähere Betrachtung lehrt, dass diese Lagen keineswegs so scharf von ihrer Umgebung geschieden sind, wie es den Anschein hat, ein Geschiebe durchsetzt sie bisweilen, und es findet sich, dass nur ein grösserer Gehalt an feinschlammigen Bestandtheilen ihre Resistenzfähigkeit bedingt und sie so scharf hervor-

Digitized by Google

treten lässt. Solche Verschiedenheiten in der Zusammensetzung einzelner Lagen dürften auf gewisse Unregelmässigkeiten in der Ablagerung der Grundmoränen sich zurückführen lassen.

Auch ein weiterer Umstand dürfte zu Gunsten der allmählichen Anhäufung gewisser sehr mächtiger Grundmoränen deuten. In solchen Ablagerungen findet man bisweilen sehr grosse Gesteinsblöcke, welche ringsum ganz in der Art der gekritzten Geschiebe geschrammt sind, deren obere Fläche jedoch parallele Schrammen besitzt, wie sie sonst nur dem festen Felsgrunde zukommen. Es ist nun höchst bemerkenswerth, dass die Richtung dieser Schrammen auf den losen Blöcken übereinstimmt mit derjenigen der Schrammen auf festem Gesteine, wie ich an mehreren Stellen in den Algäuer Alpen, vor allem am Bolgen und am Imberger Tobel wahrnehmen konnte. Diese Vorkommnisse scheinen mir darauf zu deuten, dass in manchen mächtigen Grundmoränen die unteren Partien bereits zu Ruhe gekommen waren, als die oberen sich noch fortbewegten, sodass sie den letzteren gegenüber gleichsam die Rolle eines festen Untergrundes spielten.

Höchst charakteristisch ist nun die Beschaffenheit der Unterlage der Grundmoräne Südbayerns. Feste Gesteine sind unter ihr abgeschliffen, polirt, gekritzt und geschrammt, sie tragen die Gletscherschliffe, über deren Eigenschaften selbst heute noch widersprechende Ansichten herrschen. Keineswegs richtig ist die ursprüngliche Annahme J. de Charpentier's[1]), dass die Schrammen durchaus parallel laufen, wie es allerdings nicht anders erwartet werden kann, wenn man die Schrammung auf die zwischen Eis und Fels zufällig befindlichen Trümmer zurückführt. Ganz willkürlich ist ferner die hierauf basirte Annahme, dass sich kreuzende Schrammen keine Gletscherwirkungen sein könnten, wie z. B. Sartorius von Waltershausen[2]) vor nicht allzulanger Zeit ausgesprochen hat. Es ist vielmehr eine bereits von Agassiz[3]) erkannte durchgreifende Regel, dass sich die Schrammen unter mehr oder minder

[1]) Essai sur les glaciers. 1841. p. 168.

[2]) Untersuchungen über die Klimate der Gegenwart und Vorwelt. Haarlem 1865.

[3]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 182. Agassiz führt diese Erscheinung auf die ungleiche Bewegung der Gletscher zurück.

Digitized by Google

spitzen Winkeln kreuzen, und nicht selten habe ich gesehen, wie sie sich selbst unter einem rechten schneiden. Gewöhnlich finden sich zwischen den extremsten Richtungen eine Menge mittlere, intermediäre, sodass eine einzige Stelle meist ein ganzes Register von verschiedenen Schrammungsrichtungen ablesen lässt. Nirgends aber habe ich gesehen, dass diese verschiedenen Schrammen sich auf zwei verschiedene Systeme vertheilen, wie F. Wahnschaffe[1]) kürzlich von der Gegend von Magdeburg berichtete. Die stete Wiederholung dieser Eigenthümlichkeiten dürfte darauf hinweisen, dass dieselben den Gletscherschliffen konstant zukommen, und dass sie in ihrem Auftreten von der Art und Weise der Entstehung der Gletscherschliffe abhängig sind. In der That, nimmt man mit Agassiz und Charles Martins an, dass die Gletscherschliffe dadurch entstehen, dass die Grundmoräne über den Felsgrund fortgepresst wird, so muss es hierbei zu solchen Erscheinungen kommen. Denkt man sich die sehr unregelmässig zusammengesetzte Grundmoräne bewegt, so ist es einleuchtend, dass sie sich nicht vollkommen gleichmässig in allen ihren Theilen bewegen wird. Diese Voraussetzung wird durch die gekritzten Geschiebe erwiesen, welche lehren, wie ein Block am andern vorbei geschoben wurde. Diese Unregelmässigkeit in der Bewegung wird sich selbstverständlich auch auf der Unterlage kundgeben. Die einzelnen Geschiebe werden unregelmässig nebeneinander über den Felsgrund gepresst und werden auf demselben verschiedene Schrammungsrichtungen gleichzeitig erzeugen. Es dürfte daher nicht erlaubt sein, sich kreuzende Schrammungsrichtungen auf verschiedene Vergletscherungen oder auch nur auf verschiedene Phasen ein und derselben Vereisung zurückzuführen, wie J. de Charpentier zur Erklärung mancher Vorkommnisse in Skandinavien vorgeschlagen hat, und wie nach ihm mehrere nordische Gelehrte gethan haben. Beiläufig möge schliesslich erwähnt werden, dass nach den Experimenten Daubrée's[2]) keineswegs nur härtere

---

[1]) Die Gletschererscheinungen bei Velpke und Danndorf. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XXXII. 1880. p. 774 ff.

[2]) Récherches expérimentales sur le striage des roches, la formation des sables et les décompositions chimiques par les agents mécaniques. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XV. 1857 58. p. 250.

Digitized by Google

Gesteine auf weicheren Schrammen hervorbringen können. DAUBRÉE schrammte einen Granit mit einem Stücke lithographischen Schiefers.

Minder feste Gesteine sind unter der Grundmoräne aufgearbeitet, in dieselbe eingeknetet und einverwebt. Nirgend lässt sich dies besser wahrnehmen als auf der Höhe des Haunsrückes, eines der Salzburger Vorberge. Der Gipfel dieses Berges besteht aus einer mehr als 20 m mächtigen Anhäufung von Flyschtrümmern, dem aufgearbeiteten Materiale des Berges, welchem unregelmässig mehr oder minder grosse alpine Blöcke eingestreut sind. Nicht minder deutlich zeigt sich dies am Passe Gaicht, welcher vom Lechthale nach dem Tannheimer Thale führt. Der dort anstehende, steil aufgerichtete oberjurasische Kalkstein ist unter der Grundmoräne zertrümmert, und seine Bruchstücke gesellen sich in dieselbe. Hieraus resultirt eine gewisse Abhängigkeit der Zusammensetzung der Grundmoräne von ihrem Liegenden. Unverkennbar ist dies, wo dieselbe dem Hauptdolomite auflagert. Hier sieht sie fast wie Dolomitgrus aus, ihre Grundmasse wird grau (Falep, Achenpass, Scholastika am Achensee, Bichlbier bei Lermoos, Reutte). Der untere Keuperkalk, der Wettersteinkalk, ist weit härter als der Hauptdolomit. Er bildet daher nicht so feingrusiges Material in der Moräne wie dieser; wo eine solche dem Wettersteinkalke aufliegt, verräth sich dies durch ihre weisse Färbung auf den ersten Blick (Wettersteinwald, Hohenschwangau, südlich Thiersee bei Kufstein). Ueber Liasfleckenmergel wird die Grundmoräne dunkel, fett, thonig (auf dem Wechsel zwischen Falep und Tegernsee). Die Rossfeldschichten des Neocom geben der Grundmoräne eine graue Färbung (Thiersee bei Kufstein); über Flysch wird sie dunkel, zähe, thonig (Algäuer Alpen); besonders auffällig aber macht sich geltend, ob sie sich auf Diluvialschotter oder Thon lagert. Im ersteren Falle wird sie stark kiesig und umschliesst viele Gerölle, welche der Mehrzahl nach weder gekritzt noch geschrammt sind; im letzteren hingegen wird sie ungemein thonig und die Geschiebe nehmen eine lebhafte Politur an. Es schimmert der jeweilige Untergrund gleichsam durch die Moräne hindurch, und sie nimmt über demselben eine eigene Zusammensetzung an. Es dürfte sich empfehlen, für solche lokal in ihrer Zusammen-

Digitized by Google

setzung wechselnde Grundmoränen den Ausdruck „lokale Grundmoränen“ anzuwenden, welcher von O. TORELL[1]) aufgestellt wurde.

So gern ich nun auch diese Bezeichnung an Stelle der von mir früher angewandten, aus dem Schwedischen entnommenen „Krosssteinsgrus“ annehme, so wenig kann ich mich jedoch den Ansichten WAHNSCHAFFE's über die Bildung dieser lokalen Grundmoränen anschliessen. WAHNSCHAFFE schreibt[2]): „Der Gletscher war gezwungen, eine geneigte Ebene hinaufzusteigen und schob sich in Folge dessen mit seinem Fusse zwischen die bereits durch Winterfröste gelockerten obersten Schichten, zertrümmerte sie und vermischte damit das mitgeführte nordische Material. Die so entstandene Moräne schob der Gletscher vor sich her, breitete sie aus und stieg dann über dieselbe hinweg, eine Erscheinung, die nach Mittheilungen von HEIM an vorrückenden Gletschern schon oft beobachtet worden ist.“

Dem gegenüber möchte ich nun zunächst erwähnen, dass HEIM[3]) an der von WAHNSCHAFFE erwähnten Stelle nur davon redet, dass ein vorrückender Gletscher seine Endmoränen vor sich herschob, einebnete und schliesslich überschritt. Aber wenn man auch, wie zulässig, an Stelle der Endmoräne jene aufgepflügte Masse setzt, so ist dadurch noch nicht das Wesen der Erscheinung getroffen. Dies liegt darin, dass durch die unablässige Vorwärtsbewegung des Eises selbst der Untergrund gelockert, zertrümmert und aufgearbeitet worden ist. Eine nicht selten zu beobachtende Erscheinung nämlich ist die, dass in der Grundmoräne Geschiebe auftreten, welche nicht nach der gewöhnlichen Art allseitig unregelmässig geschrammt sind, sondern welche nur eine einzige geschliffene Seite aufweisen, welche dann mit parallelen Schrammen bedeckt ist, sowie sie sich nur auf anstehendem Gesteine finden. In der That dürften solche einseitig geschrammte Geschiebe nichts anderes sein als losgelöste Stücke von Gletscherschliffen auf anstehendem Gesteine. Sie lehren, dass das Eis unter sich erst eine Felsfläche schrammte, sie dann jedoch zer-

[1]) Verh. d. Berl. Gesellsch. f. Anthrop., Ethnologie etc. 1880. p. 152.
[2]) A. a. O. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XXXII. 1880. p. 784. 785.
[3]) Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1880. XXXII. p. 77.

Digitized by Google

trümmerte, in Stücke auflöste und unter sich fortschleppte. Dass dem wirklich so ist, zeigt Wahnschaffe an einem sehr bemerkenswerthen Beispiele. Er berichtet, wie in einem Steinbruche bei Velpke ein Theil der dort geschliffenen Felsoberfläche losgelöst und sich nun, aus seiner ursprünglichen Lage entfernt, als Block in der Grundmoräne findet.[1])

Die auffällige Betheiligung vom Materiale des Liegenden an der Zusammensetzung der Grundmoräne, bez. das Auftreten der lokalen Grundmoräne gibt uns also einen bestimmten Fingerzeig über den Ursprung des Materials der Grundmoräne. Dieser Umstand lehrt uns, dass die Grundmoräne zu einem Theile wenigstens aus den durch das sich unablässig vorwärts bewegende Eis vom Untergrunde losgelösten Trümmern besteht. Wir müssen daher zu der Ansicht von E. Collomb[2]) zurückkehren, welcher in der Grundmoräne ein Produkt subglacialer Wirkungen erkennt und sie auf die durch das Eis bewirkte Abnutzung des Untergrundes zurückführt. In wie weit sich neben diesem Materiale noch solches nachweisen lässt, welches in der Weise von der Oberfläche des Eises unter dessen Sohle kam, wie in der oben mitgetheilten Schilderung von Charles Martins im Einklange mit Agassiz' Anschauungen angedeutetet wird, können wir erst entscheiden, wenn wir uns vergewissert haben, ob überhaupt die diluvialen Gletscher in reichlichem Maasse mit Oberflächenschutt bedeckt waren; denn der petrographische Charakter der Grundmoränen, der uns hier beschäftigt, gibt keinerlei Stütze zur Aufrechterhaltung der Ansicht des französischen Gletscherkenners.

Dagegen lehrt uns die Beschaffenheit mancher Grundmoränen noch eine Quelle ihres Materiales kennen, welche bisher im allgemeinen wenig berücksichtigt ist. Gerade an den peripherischen Theilen des bayerischen Gletschergebietes finden sich bisweilen in den Grundmoränen eckige und kantige Geschiebe, welche aus den centralen Partien des Gebietes stammen, welche also den weitesten Weg zurückgelegt haben. Wenn sie uns nun dennoch

[1]) A. a. O. p. 792.

[2]) Sur les dépôts erratiques des Vosges. Bull. Soc. géol. d. France. II. S. t. IV. p. 216. 1846/47.

Digitized by Google

in eckiger, wenige Spuren von Abnutzung zeigender Gestalt vorliegen, so dürfte dies ein Hinweis darauf sein, dass sie nicht unter dem Eise, sondern auf demselben transportirt worden sind. Es ist wol anzunehmen, dass diese eckigen Blöcke ursprünglich der Oberflächenmoräne angehörten, sich dann in der Endmoräne sammelten und in dieser von dem vorwärtsdrängenden Gletscher überschritten und dessen Grundmoräne einverleibt wurden.

Neben dem durch das Eis selbst losgelösten Theilen besteht die Grundmoräne also auch aus dem Materiale der Endmoränen der vorwärtsschreitenden Vergletscherung, eine Ansicht, die zuerst von O. Gumälius[1]) aufgestellt sein dürfte. In der That ist es einleuchtend, dass alle Endmoränen eines vorwärtsschreitenden Gletschers unter denselben gerathen und in seine Grundmoräne verwebt werden. Wir werden allerdings sehen, dass dieser Faktor durchaus nicht eine sehr bedeutende Rolle spielt, wenn wir uns erst mit den Endmoränen beschäftigt haben werden.

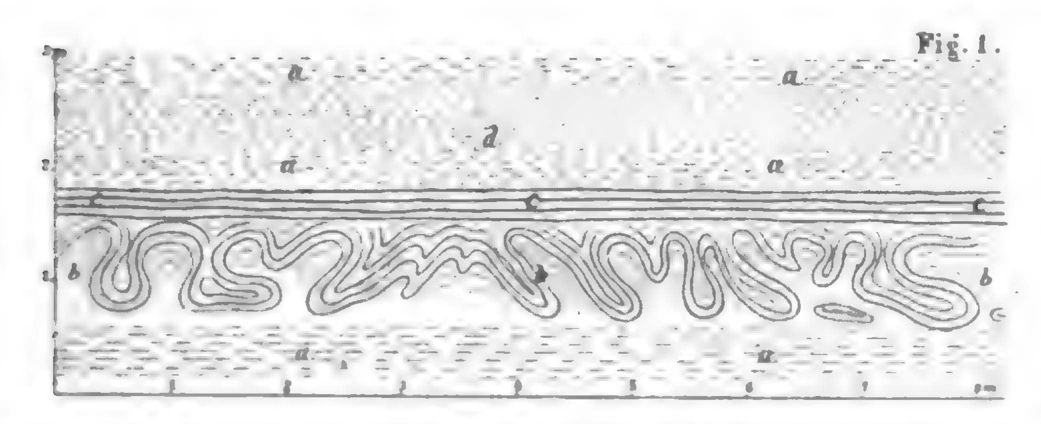
Ganz im Einklange mit der hier auseinandergesetzten Ansicht über die Fortbewegung und Entstehung der Grundmoräne zeigen sandige und thonige Schichten unter derselben nicht selten Faltungen und Stauchungen, welche wir in Uebereinstimmung mit der eben entwickelten Anschauung über die Aufarbeitung des Untergrundes für das Produkt einer unter dem Eise und zwar durch dasselbe ausgeübten Wirkung halten. Diese unter den Grundmoränen auftretenden Schichtenstauchungen sind durch den Druck des vorwärtsschreitenden Eises auf seine Unterlage entstanden. Wir vergleichen sie daher nicht mit jenen häufigen Schichtenstörungen, welche ein Gletscher durch das Zusammenschieben seines Vorlandes erzeugt.

In Südbayern sind Erscheinungen der letzterwähnten Art weit häufiger als Stauchungen im Untergrunde des Blocklehmes. Derselbe tritt nur verhältnissmässig selten über lockeren und losen Schichten auf. Es möge jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass Stauchungen und Faltungen bisweilen in Schichten vorkommen, welche nicht dem Drucke eines Gletschers ausgesetzt gewesen

[1]) Om mellersta Sveriges glaciala bildningar. I. Om krosstensgrus etc. Aftryck ur Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handl. 1874. p. 33.

Digitized by Google

sind. Der Vomperbach legt im Innthale eine Ablagerung diluvialen Schlammes, sogenannte Kreide, bloss, welcher in einem bestimmten Horizonte auffällig gefaltet ist, die hangenden und liegenden Partien liegen völlig horizontal (Fig. 1). Die Falten erreichen eine Höhe von über 1 m, sind also beträchtlicher als viele jener Schichtenstörungen im Untergrunde des sächsischen Geschiebelehmes, welche HERM. CREDNER[1]) kennen lehrte. Auch bei Miesbach sah ich inmitten sonst horizontal lagernder Schichten diluvialen Thones gefältelte und gekräuselte Partien. In den Schottern, welche bei Mittenwald unter der Grundmoräne auftreten, bemerkte ich ebenfalls zwischen horizontalen Schichten einige gestörte, gestaute und zusammengeschobene, desgleichen in einer entsprechenden Schotterablagerung beim Forsthause Falep.



Schichtenstörungen im Bänderthon bei Vomperbach. 1:100.
a Horizontal geschichteter Bänderthon. *b* Weisser und grauer Bänderthon, in einander verknetet. *c* Grauer Bänderthon. *d* Sandiger Thon.

Um die Erklärung dieser Phänomene bin ich einigermaassen verlegen. PRESTWICH[2]), welcher ähnliche Stauchungen in den Schottern des Sommethales nachwies, ist geneigt, dieselben auf die Wirkungen von Grundeis zurückzuführen. Jedenfalls hat man es mit Erscheinungen zu thun, welche mit den Gletschern nicht in direktem Zusammenhange stehen, und es dürfte sich empfehlen,

[1]) Ueber Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebelehmes. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XXXII. 1880. p. 75.

[2]) Theoretical Considerations on the Conditions under which the (Drift) Deposits containing the Remains of Extinct Mammalia and, Flint Implements were accumulated, and on their Geological Age. Philos. Transact. Roy. Soc. 1864. Vol. 154. Vergl. besonders die Profile p. 269

Digitized by Google

die Ursachen von Faltungen und Stauchungen in losem Materiale von Fall zu Fall zu ermitteln.[1]) Unbedingt dürfen dieselben also nicht zu den Erscheinungen gerechnet werden, welche ausschliesslich auf Gletscherwirkung deuten, oder denselben allenthalben zukommen. Sie spielen unter den Glacialformationen dieselbe sekundäre Rolle wie die erratischen Blöcke.

Passen auf den Blocklehm der bayerischen Hochebene alle die einzelnen Züge, welche Charles Martins von den Grundmoränen der heutigen Gletscher schildert, so zeigt er andererseits auch eine ganz hervorragende Aehnlichkeit mit dem Geschiebelehme Norddeutschlands, und diese Aehnlichkeit wird geradezu frappant, wenn man Ablagerungen von entsprechender petrographischer Zusammensetzung vergleicht. Wo der Blocklehm Oberbayerns reichlichst mit Urgebirgsgeschieben ausgestattet ist, wie an den Ufern des Inns, gleichen sie dem Geschiebelehme bez. Mergel am Strande des Samlandes oder am Elbufer unterhalb Hamburg völlig.

Ausser dem Materiale des jeweiligen Liegenden betheiligt sich aber auch solches von allen den Punkten, welche zwischen Ausgangsort des Gletschers und einem jeden einzelnen Vorkommnisse gelegen sind, an der Zusammensetzung der Grundmoräne, und gerade dies Material lässt erkennen, wie bedeutend der Gesteinstransport ist, welcher unter dem Eise stattfindet. Die Grundmoräne stellt demnach ein Gemisch aller jener Gesteinsarten dar, über welche der Gletscher geschritten ist, und ihre Zusammensetzung verräth den Weg, den derselbe zurückgelegt hat. Nun ist es in Oberbayern ungemein leicht, die Findlingsnatur irgend eines Bestandtheiles der Grundmoräne zu ermitteln. Nur die Centralkette der Alpen besteht aus krystallinischen Schiefergesteinen, ganz untergeordnet finden sich daneben jüngere Sedimente, solche bauen hingegen ausschliesslich die Kette der nördlichen Kalkalpen auf. Es sind dies vorzugsweise Gesteine der Trias-, Jura- und Kreideformation. An

[1]) Vergl. besonders die Beobachtungen von Th. Fuchs: Ueber eigenthümliche Störungen in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens und über eine selbstständige Bewegung loser Terrainmassen. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1872. XXII. p. 309.

Digitized by Google

die nördlichen Kalkalpen legt sich die Zone der eigenartigen Flyschgesteine, an diese wieder eine Zone von Molassengesteinen, und die Hochebene endlich wird aus weichen, sandigen und thonigen Schichten des jüngeren Tertiärs zusammengesetzt. Da nun die Gletscher von den Centralalpen ausstrahlten, so verbreiteten sie die krystallinischen Gesteine derselben zunächst über die nördlichen Kalkalpen, weiter dann mit Trümmern der letzteren über die Zone des Flysches; auf dem Molassengebiete lagerten sie das Material der genannten drei Zonen ab, und auf der Hochebene versammelten sie die Trümmer aller älteren Gebiete. Die Zusammensetzung der Grundmoränen wird also um so bunter, um so mannigfaltiger, je mehr man sich von der Centralkette entfernt.

So leicht nun im allgemeinen der Ursprung eines einzelnen Blockes zu ermitteln ist, so schwer ist es den Ort seiner Herkunft aufzufinden. Die krystallinischen Schiefer wechseln in der Centralkette wie andernorts auch sehr rasch ihren Habitus und entfalten überall eine wahre Fülle von Abänderungen auf kurzem Raume. Selbst auffällige Gesteinsarten, wie Serpentin und Gabbro, kommen an verschiedenen Stellen vor. Zudem hält es oft am einzelnen Blocke schwer, seine petrographischen Eigenthümlichkeiten zu erkennen; es wird schwer Granit von Gneiss, Diorit von Amphibolit zu trennen. Im allgemeinen lässt sich jedoch sagen, dass im Gebiete der Zillerthale vorzugsweise Phyllite entwickelt sind, während im Oetzthale Glimmerschiefer und Hornblendeschiefer auftreten und Thonschiefer fehlen. Hornblendegesteine charakterisiren das Engadin und die rhätischen Alpen. Im Engadin finden sich ferner Granite, der Julier- und Berninagranit, zwei sehr charakteristische Gesteine, sowie mehrere Diorite, welche unter der Fülle von krystallinischen Gesteinen einige auffällige Typen bilden. Der Juliergranit ist ausgezeichnet durch seine grünliche Färbung, seinen hohen Gehalt an Plagioklas; der Berninagranit durch rothen Feldspath, die dioritischen Gesteine durch eine dichte grüne Grundmasse, in welcher grünumrandete Felspäthe, manchmal auch Quarze ausgeschieden sind.

Nicht minder schwierig ist es, Findlinge der Kalkalpen auf einen bestimmten Ursprungsort zurückzuführen. Die ziemlich reichhaltige Serie von Gesteinen dieses Gebirgszuges tritt zwar

Digitized by Google

nur in schmalen Bändern auf, allein diese Zonen haben oft eine sehr bedeutende Länge. Dazu kommt, dass die am leichtesten erkennbaren, so der Wettersteinkalk und Hauptdolomit, eine ungemeine räumliche Entfaltung besitzen, während auffällige Typen in verschiedenen Horizonten auftreten. Ein rother Kalkstein kann bald dem Lias, bald dem Tithon entstammen. Bedurfte es bei der grossen Armuth an Fossilien des scharfen Auges und des unermüdlichen Fleisses eines Gümbel, um die anstehenden Gesteine richtig zu gruppiren, die vielen ähnlichen auseinanderzuhalten, im Rahmen einer Formation oft ganz heterogen scheinende Elemente zu vereinigen, welche Aufgabe muss es sein, das Alter und die Herkunft einzelner Blöcke mit Sicherheit zu ermitteln!

Freilich, wenn das Gebirge in regelmässigster Weise von Querthälern durchsetzt würde, würde es kaum nöthig sein, obiger Aufgabe näher zu treten. Aber, wie erwähnt, die Hauptthäler folgen streckenweise der Längsrichtung des Gebirges und durchschneiden lange Zonen gleicher Gesteine, und in einem Querthale, wie dem Innthale bei Kufstein vereinigen sich eine Menge einzelner Thäler, welche auf einen grossen Raum vertheilt sind. Es wird daher die erste Aufgabe sein, die Glacialphänomene in dem Hauptthale des Gebietes, nämlich dem des Inns, zu verfolgen.

Kapitel IV.

Glacialerscheinungen im unteren Innthale.

Geschichtliches: Unger, Escher von der Linth, Frignet, Morlot, Stotter, Pichler, de Mortillet, von Mojsisovics, Gümbel. Gletscherschliffe, erratische Blöcke, Grundmoränen. Abrundung der Gehänge. Höchste erratische Vorkommnisse am Nordgehänge. Mächtigkeit des Gletschers.

Schon im Jahre 1836 wies Unger[1]) im unteren Innthale erratische Blöcke nach, welche sich bis zu beträchtlicher Höhe an den Thalgehängen finden. „Einige derselben haben 5—6 Klafter

[1]) F. Unger: Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nordöstlichen Tirols. Wien 1836. p. 68—70.

Digitized by Google

Umfang; die meisten sind scharfkantig, die minder grossen abgerundet, die kleinsten, etwa einen Fuss langen, haben die Form von Rollsteinen. An mehreren grossen Blöcken fanden sich Reibungsflächen; es ist anzunehmen, dass diese letzteren durch Abschleifen während des Herabgleitens der Blöcke entstanden. Diese Findlinge sind das oberste Glied des Tertiärs, sie wurden wol durch einen Fluthenschwall aus dem Süden gebracht.“ Diese Beschreibung lässt keinen Zweifel darüber, dass hier wirklich durch Gletscher verfrachtete erratische Blöcke vorliegen; denn in den Blöcken mit Reibungsflächen erkennen wir unschwer gekritzte und geschrammte Geschiebe, und UNGER ist demzufolge der erste, welcher in Europa diese Erscheinung beobachtete. 1845 gab A. ESCHER VON DER LINTH[1]) Bericht über Gletscherschliffe im oberen Oetzthale und hob die Aehnlichkeit der Entwicklung des Diluvium bei Innsbruck mit dem der Schweiz hervor. Er lehrt, dass ein unteres geschichtetes Diluvium ohne erratische Blöcke vorhanden sei, welchem die letzteren auflagern. 1846 veröffentlichte E. FRIGNET[2]) seine wenig gekannten Studien über das erratische Phänomen in Tirol. Er zeigte, dass alle Thäler Gletscherspuren enthielten, und wies mit besonderer Ausführlichkeit die des Innthales nach. Ohne diese Untersuchungen zu kennen, gab A. VON MORLOT[3]) eine Zusammenstellung der Daten über die Vergletscherung des Innthales. STOTTER erwähnt, dass im Gebiete des Innthales niemals Geröll der nördlichen Kalkalpen zu finden sei, und bestätigt die schon von F. UNGER geäusserte Ansicht, dass ein Gesteinstransport von Süden nach Norden stattgefunden habe. PICHLER[4]),

[1]) Beiträge zur Kenntniss der tiroler und bayerischen Alpen. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1845. p. 538. 540. Zum ersten Male überhaupt werden gekritzte Geschiebe erwähnt von PETER DOBSON, American Journ. of Science 1826.

[2]) Du phénomène erratique en Tyrol et particulièrement dans la vallée de l'Inn. 1846. p. 51—68.

[3]) Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. Wien 1847. p. 59.

[4]) Vergl. PICHLER: Beiträge zur Geognosie Tirols. Innsbruck 1859. p. 232; ferner Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Bd. IV. 1856. p. 738. Sowie die Karten: Zur Geologie der nordtirolischen Kalkalpen 1864, und: Zur Geognosie der Alpen 1867.

Digitized by Google

dies erwähnend, beschreibt ferner mehrmals „erratische Fundorte" aus dem Innthal und stellt das Vorkommen von erratischen Blöcken bis zu einer Höhe von 5000 Fuss fest. GABRIEL DE MORTILLET[1]) theilte 1861 mit, dass er im unteren Innthale Spuren von Gletschern gefunden habe, und sprach sich allgemein dahin aus, dass Gletscher alle Thäler der österreichischen und bayerischen Alpen erfüllt hätten. Mehrfach berichtete sodann E. v. MOJSISOVICS[2]) über erratische Blöcke im Innthale, welche er als Spuren einer Eiszeit betrachtet. Derselbe Autor spricht auch von Glacialablagerungen. Schliesslich gab GÜMBEL[3]) Nachricht von Gletscherschliffen unweit Häring im unteren Innthale und führt die Zurundung von dessen Gehängen auf Gletscherwirkungen zurück.

Diese zahlreichen Notizen können aber nicht genügen, um eine Vorstellung von den grossartigen Glacialerscheinungen des Innthales zu bilden. Nicht nur zeigen ausser den von GÜMBEL aufgefundenen Schliffen solche bei Innsbruck und Hall, welche sammt und sonders die Richtung des Thales besitzen, die Existenz früherer Gletscher an, vor allem wird deren ehemalige Ausdehnung durch mächtige Grundmoränen voller gekritzter Geschiebe bewiesen. Dieselben lagern sich entweder auf die später zu beschreibenden Terrassen, oder sie tapeziren die Thalgehänge. In ihnen findet sich eine Sammlung aller der Gesteine aus dem Einzugsgebiete des Inns. In der Gegend von Nassereith, zwar nicht im eigentlichen Thale des Inns, aber doch in dessem Thalwege, finden sich neben Kalksteinen und Dolomiten der Trias reichlichst Gneisse, Granite und eine wahre Fülle von Hornblende-

[1]) Note sur les dépôts glaciaires du versant méridional des Alpes. Arch. d. scienc. phys. et nat. de Genève 1861. X. p. 34.

[2]) Ueber die Gliederung der oberen Triasbildungen in den östlichen Alpen. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1869. XIX. p. 139. — Ueber das Gebiet von Thiersee, Kufstein, Walchsee, Kössen in Nordtirol. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1869. p. 222. — Das Gebiet von Häring und das Kaisergebirge. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1870. p. 185. Beiträge zur topischen Geologie in den Alpen. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1871. XXI. p. 198.

[3]) Gletschererscheinungen aus der Eiszeit (Gletscherschliffe und Erdpfeiler) im Etsch- und Innthale. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. Akademie München. 1872. p. 354.

Digitized by Google

gesteinen, deren Heimat im Engadin und in den rhätischen Alpen zu suchen ist. Bei Innsbruck mengen sich Fragmente der höchst charakteristischen rothen Breccie bei, welche nördlich dieser Stadt das Thalgehänge überkleidet, sowie auch Blöcke eines rothen Sandsteines. Herr Professor PICHLER machte mich freundlichst auf einige bei Innsbruck gefundene Geschiebe aufmerksam, welche in der geologischen Sammlung der Universität aufbewahrt werden. THEOBALD erkannte dieselben als Abkömmlinge des Engadin. Den grünen Juliergranit, sowie einige der auffälligen dioritischen Gesteine konnte ich in der That an mehreren Punkten in der Umgebung von Innsbruck nachweisen. Späteren ausführlicheren Untersuchungen ist es vorbehalten, die Vertheilung der Geschiebe etwas eingehender zu verfolgen, besonders die verschiedene Vertheilung auf beiden Thalseiten zu ermitteln. Hier möge nur erwähnt werden, dass Urgebirgsgeschiebe an den Gehängen der nördlichen Kalkalpen häufigst vorkommen. Ob dieselben lediglich von den Theilen des Innthales herrühren, in welchen an den linken Gehängen krystallinische Schiefer auftreten, wie z. B. von dem Engadin und den rhätischen Alpen, oder ob sie vielleicht auch direkt von der gegenüberliegenden Thalseite kommen, d. h. ob z. B. Gesteine des Oetz-, Sill- und Zillerthales in reichlicher Zahl auf dem linken Thalgehänge auftreten, das ist eine Aufgabe, die völlig befriedigend nur durch eingehende Studien, nicht aber durch eine flüchtige Durchwanderung gelöst werden kann. Fast will es scheinen, als ob die Trennung des Materials an den beiden Gehängen des Innthales nicht so scharf wäre, wie z. B. im Rhonethale. Es lagern unweit des Achensees am linken Gehänge Gesteine, deren Ursprung genau auf der gegenüberliegenden Thalseite zu suchen ist. Dies sind rothe quarzitische Sandsteine. Allein es bleibt zu ermitteln, ob diese Blöcke direkt durch den Gletscher über das Thal hinweg geschafft worden sind, oder ob sie zuvor schon durch fluviatile Wirkungen transportirt wurden. Es wird nämlich zu entscheiden sein, ob die Blöcke nicht vielleicht aus den glacialen Anschwemmungen stammen, welche im Innthale die Moränen unterlagern. Zu bemerken ist schliesslich noch, dass das Massiv des Tschirgant, welches sich gegenüber dem Ausgange des Oetzthales im Thalwege des Inns erhebt, vom Inngletscher umflossen gewesen

Digitized by Google

ist. In dem Gurglthale, welches sich von Nassereith nach Imst zieht, sowie in der tiefen Senkung, welche den Tschirgant von den Ketten der nördlichen Kalkalpen trennt, finden sich, wie bereits erwähnt, zahlreiche Geschiebe und grosse Blöcke aus dem Innthale.

Schon GÜMBEL hob hervor, dass die Gehänge des Innthales jene eigenthümliche Abrundung erkennen lassen, welche Glacialdistrikten eigenthümlich ist. Jene Abrundung erstreckt sich nur bis zu einer gewissen Höhe und gibt die obere Grenze der früheren Gletscher an. Die zackigen Formen des Tschirgant (2366 m) machen wahrscheinlich, dass dieser Gipfel im Thalwege des Inns nicht vom Eise bedeckt gewesen ist, die benachbarte gerundete Kuppe des Simmering (2093 m) hingegen dürfte vereist gewesen sein. Allein es ist immer unsicher, bloss nach solchen allgemeinen Zügen zu urtheilen. Am schärfsten wird die obere Grenze des Eises durch die höchsten erratischen Blöcke markirt. Freilich darf man nicht erwarten, dieselben in den höchsten Regionen, welche das Eis erreicht hat, gerade sehr häufig zu finden. Der Umstand, dass fast alle Findlinge aus Grundmoränen stammen, und nicht aus Oberflächenmoränen, deren Reste mangeln, macht vielmehr wahrscheinlich, dass sie von vornherein nicht in allzugrosser Zahl am oberen Saume des Gletschers vorhanden waren, ausserdem ist aber zu berücksichtigen, dass ihre Lage sie allerhand erodirenden Prozessen aussetzt. Je weiter man daher an den Thalgehängen aufwärts steigt, desto spärlicher werden die Blöcke, und schliesslich findet man solche nur an bevorzugten, besonders geschützten Stellen. So hat es Schwierigkeiten, die obere Gletschergrenze genau zu bestimmen, und es wird vieler Bergbesteigungen bedürfen, bis die obere Grenze der erratischen Blöcke im Innthale mit wünschenswerther Genauigkeit ermittelt ist. Hier ist ein Feld, wo auch Touristen eingreifen können; denn nichts ist leichter, als auf dem Südabfalle der nördlichen Kalkalpen erratische Blöcke zu konstatiren. Die Urgebirgsgeschiebe leuchten auf dem mesozoischen Gebiete gleichsam hervor. Folgende Angaben mögen vor der Hand zur Veranschaulichung der oberen Gletschergrenze dienen. Am Südwestabfalle des Tschirgant, jenes mehrfach erwähnten Massives im Innthale, verzeichnet PICHLER[1]) in be-

[1]) Zur Geognosie der Alpen. 1867.

Digitized by Google

trächtlicher Höhe, die sich nach der neuen österreichischen Generalstabskarte auf 1700 m schätzen lässt, zahlreiche „erratische Vorkommnisse". Am Marienberger Jöchl, welches neben dem Fernpasse die nördlichen Kalkalpen unweit Nassereith durchbricht, fanden sich Geschiebe bis zu einer Höhe von 1830 m; die Rundbuckelformen der Berge steigen mindestens noch um 200 m höher an. Weiter abwärts nahm E. von Barth[1]) auf der Höhe des Mitterberges, einem Vorsprung der Mieminger Berge, erratische Urgebirgsarten wahr. Auf den mir zu Gebote stehenden Karten finde ich diesen Mitterberg nicht angegeben. Ich muthmasse, dass er mit dem über 1550 m hohen Henneberge identisch ist. Erratische Blöcke sind ferner seit langem an den Gehängen der Reither Spitze unweit Seefeld, in 1550—1600 m Meereshöhe bekannt. Schon Sedgwick und Murchison gedenken derselben, und nach A. Escher von der Linth kommen an den Asphaltschiefergruben Blöcke bis 5000 Fuss (ca. 1600 m) Höhe vor. Nach einer freundlichen Angabe des Herrn Bergmeister Abt in Seefeld steigen die Findlinge bis 500 m über Seefeld, also bis 1675 m Meereshöhe an. Diese letztere Angabe erscheint um so glaubwürdiger, als Pichler berichtet, auf den Zirler Madern, also in einer Höhe von 1700 m, erratische Blöcke gefunden zu haben. Die Zirler Mader liegen etwas weiter thalabwärts als die Reither Spitze. Herr Professor M. Neumayr in Wien theilte mir sodann freundlichst mit, dass in einer der Schluchten am Südgehänge des Solsteins unweit der Zirler Mader in ungefähr 2000 m Höhe ungemein zahlreiche erratische Blöcke verstreut liegen. Bei Innsbruck fand ich über der Höttinger Alm noch ziemlich zahlreiche erratische Geschiebe in 1670 m Höhe, 1700 m hoch konnte ich nicht ein einziges wahrnehmen. Nach Pichler und von Mojsisovics liegen ferner unterhalb Innsbruck auf dem Thürl zwischen der Thaurer Alm und dem Haller Salzberge erratische Blöcke. Ich verfolgte sie bis 1750 m Höhe, frischgefallener Schnee hinderte weitere Untersuchung. Pichler konstatirt weiter thalabwärts am Vomper Joche (1470 m hoch) erratische Blöcke. An der Vorderen Spitz, dem südlichsten Gipfel des Vorderen Sonnenwendgebirges (Rofangruppe),

[1]) Aus den nördlichen Kalkalpen. Gera 1874. p. 378.

Digitized by Google

kommen über der Aschau-Alm Findlinge bis 1470 m hoch vor. PICHLER erwähnt schliesslich erratische Blöcke auf dem Wibner Joche am Ostabfalle des Sonnenwendgebirges, also 1300 m hoch. In der Gegend von Kufstein endlich konnte ich auf der Höhe des Gamskogel, welcher als Brandberg auf der neuen österreichischen Generalstabskarte (Bl. Kufstein) bezeichnet ist, keine erratischen Blöcke mehr wahrnehmen, die obersten fanden sich hier 90 m unter dem Gipfel, also in einer Höhe von 1360 m. Hiermit harmonirt bestens die Angabe von GÜMBEL[1]), dass auf der Hochalm (1350 m) zwischen den schroffen Erhebungen des vorderen und hinteren Kaisergebirges Hochgebirgsschotter vorkommt, sodass also in der Gegend von Kufstein die obere Grenze des Inngletschers in nicht ganz 1400 m Höhe zu suchen ist. Aus diesen noch zu unvollständigen Daten geht hervor, dass das Niveau des Innthalgletschers sich thalabwärts senkte und zwar in rascherem Maasse, als der Thalboden selbst. Liegen bei Nassereith Geschiebe 1170 m über der heutigen Thalsohle, so konnten sie in der Gegend von Kufstein nur bis 850 m über dieselbe verfolgt werden. Leider aber genügt das Material nicht, um näheres über die Neigung der Gletscheroberfläche zu folgern. Scheint doch nach den vorliegenden Angaben, als ob das Eis bei Innsbruck nicht die Höhe wie bei Hall erreichte, was uns natürlich nicht auf eine entsprechende Unregelmässigkeit in der Oberfläche des Gletschers schliessen lässt, sondern nur der Beweis von Unzulänglichkeit und Ungenügenheit unserer Angaben ist.

Die Erhebung der Geschiebe über die heutige Thalsohle stellt nicht die Mächtigkeit des alten Gletschers dar. Die Moränen und erratischen Geschiebe reichen nämlich fast nirgends bis zum heutigen Thalboden herab. Es legte sich der Gletscher auf eine später zu besprechende Schotterterrasse, welche sich bis 300 m über den Inn erhebt, auf derselben lagern die Moränen; erst von Innsbruck an steigen die Gletscherspuren tiefer herab. Darnach würde sich die Mächtigkeit des Gletschers unweit der Hauptstadt Tirols auf ca. 1000 m berechnen, während sie bei Nassereith vorläufig nur auf 900 bis 1000 m geschätzt werden darf, falls man

[1]) Alpengebirge. p. 802.

Digitized by Google

nicht noch, was wahrscheinlich, auf dem Simmering erratisches Material finden sollte. In diesem Falle würde sich die Mächtigkeit des Eises auf 1200 m angeben lassen. Bei Kufstein dürfte dieselbe nicht mehr als 800 m betragen haben.

Ist, wie aus alle dem erhellt, das Wissen über die obere Geschiebegrenze noch mehr denn lückenhaft, so ist es doch ausreichend, um behaupten zu können, dass der Innthalgletscher im Stande war, viele der Pässe nach Oberbayern zu überschreiten, falls dieselben in ihrer heutigen Gestalt vorhanden waren. Ein Blick auf Tafel I, welche ein Kammprofil der Alpen im Norden des Innthales darstellt, führt dies vor Augen. Es zeigt, wie eine Reihe von Pässen sich unter die obere Geschiebegrenze herabsenkte. Es wird nun die nächste Aufgabe sein, zu untersuchen, ob dies muthmaassliche Ueberfliessen wirklich stattgefunden hat.

Kapitel V.

Glacialerscheinungen am Fernpasse.

Altes rhätisches Thal. Pässe von Nassereith. Fernpass. Tiefe Lage desselben unter den höchsten erratischen Blöcken. Mangel glacialer Bildungen auf dem Passe. Marienberger Jöchl. Einsturz des Fernpasses in der Postglacialzeit. Dadurch bewirkte Querthalbildung. Andere Bergstürze in den Alpen. Einsturzseen. Pässe nach dem Lechthale.

Wie bereits mehrfach erwähnt, erhebt sich im Thalwege des Inns, ungefähr gegenüber der Ausmündung des Oetzthales, das Massiv des Tschirgant. Eine tiefe Senkung zwischen Imst, Nassereith und Telfs trennt dasselbe scharf von den nördlichen Kalkalpen ab, zu welchen der Tschirgant noch zu rechnen ist. Dem westlichen Theile dieser Senkung folgt das Imster Gurglthal, der östliche hingegen verläuft in die grosse Terrasse des Innthales. Man hat es hier augenscheinlich mit einem ausser Gebrauch gesetzten Thale zu thun. Solches drängt sich unwillkürlich beim Beschauen einer guten Karte auf. Man sieht dann, dass die Richtung des Paznauner und Stanzer Thales sich in der des Innthales zwischen Landeck und Imst und dann in der erwähnten Senkung fortsetzt; während das Engadin sich als Thal-

Digitized by Google

zug über den Piller Wald in das Pitzthal und dann als heutiges Innthal südlich des Tschirgant verfolgen lässt. So gewinnt es den Anschein, als ob die Gewässer der rhätischen Alpen und des Engadin, welche sich heute bei Landeck treffen, früher erst bei Telfs zusammengeflossen seien, und dass das Innthal zwischen dem Piller Wald und Landeck, sowie unweit Imst erst nachträglich entstandene Bindeglieder zwischen beiden Thalzügen seien. Sie verstatten dem Inn heute zwischen Landeck und Imst dem alten rhätischen Thale zu folgen und ermöglichen dann, dass derselbe in sein altes Thal unterhalb Imst zurückkehrt. Allerdings ist dies nur eine Vermuthung, die sich bloss auf die Konfiguration des Landes stützt. Doch dürfte es immerhin wahrscheinlich sein, dass die Eismassen, welche einst von dem Engadin und den rhätischen Alpen herabstiegen, sich erst in der Gegend von Telfs mit einander vereinigten, nachdem sie bei Landeck und Imst Fühlung gewonnen.

Unter dieser freilich noch näher zu beweisenden Annahme würde der eigentliche, aus dem Engadin kommende Inngletscher erst am Südabfalle des Tschirgant die nördlichen Kalkalpen erreicht haben, während die Eisströme der rhätischen Alpen vom Arlberge an zwischen denselben und den Centralalpen sich ausdehnten, und zwischen Imst und Telfs sogar ausschliesslich in den Kalkalpen flossen. Wie dem auch sei, mögen die Gletscher der rhätischen Alpen sich schon bei Landeck oder erst bei Telfs getroffen haben, jedenfalls war denselben erst in der Gegend von Nassereith Gelegenheit gegeben, in die Querthäler der nördlichen Kalkalpen einzudringen. Als ununterbrochene Kette ziehen sich dieselben nämlich vom Arlberge anfänglich am Stanzer, dann am Innthale bis Imst entlang, und erst genau gegenüber dem Tschirgant werden sie bei Nassereith durch enge tiefe Scharten unterbrochen, wie Tafel I lehrt. Dieselben öffnen einerseits das Thal der Loisach, andererseits das des rothen Leches gegen das alte rhätische Thal. Zwei Pässe also treffen sich bei Nassereith. Von diesen ist der eine, welcher nach dem Thale des rothen Leches führt, nur wenig bedeutend, dagegen ist die Oeffnung nach dem Loisachthale, der Fernpass, seit den Zeiten der Römer eine der wichtigsten Alpenstrassen. Derselbe erscheint als tiefes, etwa

Digitized by Google

2–3 km breites, von steilen Wänden eingeengtes Thal. Er erhebt sich in seinem höchsten Punkte 1250 m über das Meer, bleibt somit 600 m unter den höchsten benachbarten erratischen Blöcken im Innthale, und 850 m unter den höchsten Rundbuckelformen. War er zur Diluvialzeit vorhanden, so bot er auf eine Fläche von ungefähr $2^1/_2$ Millionen Quadratmeter dem Eise des Innthales einen Ausweg nach Norden, und es musste ihm ein Gletscherarm von dem angedeuteten Querschnitte folgen. In der That nimmt Schönnamsgruber an, dass ein Theil der Diluvialfluthen des Inns den Fernpass überschritt und im Loisachthale sich ausbreitete, auch Stark und Zittel vermuthen,, dass ein Zweig des Inngletschers sich hier ablöste.

Allein sucht man im oberen Loisachthale nach den Spuren dieses gewaltigen Eisstromes, sucht man in dem Becken von Lermoos nach den charakteristischen Geschieben des Innthalgletschers, so ist man überrascht, von alle dem nichts zu finden. Man sieht zwar Grundmoränen und Gleschersehliffe, aber den ersteren mangeln fast durchweg die Urgebirgsarten des Innthales; es fehlen ihnen die grossen Blöcke von Gneiss, Hornblendeschiefer u. s. w., welche z. B. im oberen Isarthale ganz massenhaft verbreitet sind. Nur hie und da findet man kleine Gerölle dieser Gesteine, dieselben beweisen, dass ein Gesteinstransport vom Innthale aus doch nicht gänzlich gefehlt hat; aber ihre geringe Zahl lässt erkennen, dass dieser Transport nur ein sehr geringfügiger war; ein Zweig des Innthalgletschers von $2^1/_2$ Millionen Quadratmeter Durchmesser kann sich hier unmöglich ausgebreitet haben; über den Fernpass kann sich kein Arm des Inngletschers geschoben haben. Mit diesem aus dem Befunde des oberen Loisachthales abgeleiteten Schlusse steht nun die Erscheinungsweise des Fernpasses in vollster Uebereinstimmung. Ueberschreitet man diesen schönen Pass, so findet man nirgends Spuren einer ehemaligen Vereisung. Die angrenzenden Gehänge zeigen eckige, bizarre Formen, es fehlen Rundbuckelflächen. Durchaus nicht kann die Angabe der von der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien herausgegebenen Karte[1]) bestätigt werden, dass der Pass von ausgedehnten Moränen

[1]) Umgebungen von Elmen, Reutte und Nassereith. Ausg. 1873.

Digitized by Google

überdeckt ist, es mangelt jede Andeutung davon. Fast nirgends sieht man ein Urgebirgsgeschiebe, ich sah überhaupt nur ein einziges kleines Gerölle dieses Materiales, während am südlichen Eingange des Passes in erstaunlicher Zahl grosse Blöcke von Gneiss und Hornblendegesteinen über die Berglehnen bis weit über die Passhöhe zerstreut sind. Es findet sich also kein Anhalt dafür, dass ein Zweig des Inngletschers, wie gemuthmaasst worden ist, den Fernpass überschritt. Dennoch muss aber einst in dieser Gegend ein Ausläufer des Inngletschers die Kalkalpen überschritten haben; darauf weist mit grösster Bestimmtheit die wenn auch sehr geringe Zahl von Urgebirgsgeschieben im oberen Loisachthale hin.

Dicht neben dem Fernpasse führt ein zweiter Pass aus dem oberen Loisachthale in das Innthal. Es ist dies das Marienberger Jöchl, welches eine Höhe von beinahe 1800 m besitzt, also dicht unter der oberen Geschiebegrenze des Innthales liegt. Steigt man aus dem letzteren nach dem Marienberger Jöchl auf, so bemerkt man bis zur Passhöhe ununterbrochen erratische Geschiebe, auf dem Jöchl selbst bekundet ein ungemein frisch erhaltener nordwärts gerichteter Gleschersсhliff, dass wirklich Eis den Pass überschritt, und umhergestreute Urgebirgsgeschiebe lehren, dass dieses Eis vom Inngletscher sich loslöste. Nach Lermoos zu lassen sich diese Spuren weiter verfolgen. Man findet auch auf der Nordseite des Passes Gletscherschliffe und darüber Grundmoränen mit dem Materiale des Innthales. Somit wird erwiesen, dass sich über das Marienberger Jöchl ein Zweig des Innthalgletschers in das obere Loisachthal ergoss. Die grosse Höhe des Passes gestattete aber nur einem Strome von 130000 Quadratmeter Durchschnitt einen Durchgang (vergl. Tafel I); kein Wunder also, wenn in dem Lermooser Becken nur wenig Material des Innthales auftritt.

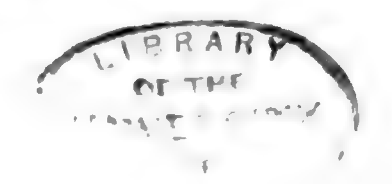
Nun aber erwächst die Frage, warum der Innthalgletscher nicht den Fernpass überschritt, warum er diesen Durchlass von $2^1/_2$ Millionen Quadratmeter Fläche nicht benutzte, sondern den 20 mal kleineren, den 550 m höher gelegenen des Marienberger Jöchls überschritt. Es kann hierauf nur eine Antwort geben: Der Fernpass existirte in seinem heutigen Umfang zur Diluvialzeit noch nicht, der Inngletscher fand diesen

Digitized by Google

Ausweg nach Norden noch nicht vor. Eine Menge Erscheinungen spricht zu Gunsten dieser Annahme.

Wie bereits erwähnt, zeigt der Fernpass keinerlei Gletscherspuren, wenn er auch nach der neuen österreichischen Generalstabskarte die charakteristischen Züge einer Moränenlandschaft zu besitzen scheint. Man bemerkt auf der Karte einige kleine Seen, dazwischen Rücken und isolirte Hügel. Aber die Zusammensetzung dieser Gebilde ist weit verschieden von der der Moränenlandschaft. Der Boden des Fernpasses ist übersät mit enormen Blöcken und kleinerem Felsschutt und Grus. Alles dieses Material ist eckig und rauh, und es leitet sich nicht aus irgend welcher Entfernung ab, sondern stimmt mit den den Pass begrenzenden Gesteinen (Hauptdolomit) vollkommen überein. Dieser Schutt nun thürmt sich zu isolirten, fast kegelförmigen Hügeln auf, welche sich 40 bis 60 m hoch auf der Passhöhe erheben, er bildet lange, unregelmässige Rücken und Wälle. Dazwischen dehnen sich die prächtigen, tiefblauen Seen des Passes aus. Sie besitzen keinen oberirdischen Abfluss. Oft meint man anstehendes Gestein zu sehen, allein man hat es nur mit kolossalen, wirr durcheinander gewürfelten Blöcken zu thun. Kurz der ganze Fernpass von Bieberwier bis beinahe Nassereith besteht aus Schutt und Trümmern, welche den Eindruck einer eingestürzten, zusammengebrochenen Masse machen. Sieht man nun am südlichen Abstiege des Passes Gyps anstehen, so kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, dass man hier die Ursache des Einsturzes vor sich hat. Die Auslaugung von unterirdisch anstehendem Gypse hat den Zusammenbruch des darüber liegenden Hauptdolomites veranlasst. Interessant ist nun, dass man an dieser Stelle sowol die Ausdehnung als die Zeit des Einsturzes ermitteln kann.

Hätte der Fernpass als einigermaassen beträchtliche Scharte bereits zur Glacialzeit bestanden, so würde das obere Loisachthal in ähnlicher Weise mit Geschieben des Innthalgletschers bereichert worden sein, wie das obere Isarthal. Es ist anzunehmen, dass damals der Fernpass, falls er überhaupt existirte, nicht viel bedeutender als das heutige Marienberger Jöchl war. Eine deutlich verfolgbare Terrasse gibt sich nämlich an seinen Gehängen in 1700 m Meereshöhe zu erkennen. Es wird noch zu untersuchen


Digitized by Google

sein, ob sich auf dieser Terrasse vielleicht erratische Blöcke finden. In diesem Falle würde sich die Höhe des Einsturzes auf 450 m berechnen lassen. Es ist bemerkenswerth, dass dieser enorme Zusammenbruch in der Postglacialzeit stattgefunden hat, und zwar nicht nur, weil er ein Beweis von lokalen beträchtlichen Veränderungen in der Orographie nach dem Rückzuge der Gletscher gibt, sondern weil dadurch auch Licht auf die Altersbeziehungen der Thäler geworfen wird.

Der Fernpass liegt in einem jener grossen Querthäler, welche die nördlichen Kalkalpen völlig durchsetzen. Es ist jener Thalzug, dessem nördlichsten Theile die Ammer im Ammergau folgt; seine mittlere Partie ist das Ellmauthal, welches in das Ammerthal mündet, aber nach Süden gegen das obere Loisachthal geöffnet ist. Dieses letztere nun nimmt die südlichste Partie des Thalzuges ein, und der Fernpass öffnet denselben gegen das grosse Längsthal des Inns. Solches ist aber erst nach der Glacialzeit geschehen, und die auffälligste Eigenschaft jenes Thalzuges, seine Oeffnung nach Süden, datirt also aus jüngster Zeit. Dadurch wird der Glaube, dass dieses durchlaufende Querthal eine Spalte sei, welche sich an die Erhebung der Alpen knüpft, hinfällig. Es erhellt hieraus ferner, dass dieses Querthal nicht etwa eine alte Rinne ist, in welcher zu einer entlegenen Epoche die Centralalpen in gerader Richtung dränirt wurden, dass sie nicht ein Thal ist, welches durch das Längsthal des Inns ausser Funktion gesetzt wurde.

Der Einsturz des Fernpasses liefert uns vielmehr ein neues Beispiel für den sonst auch ausgesprochenen Satz, dass die Querthäler jünger sind als die Längsthäler; er lehrt, wie und auf welche Weise die Schranken fallen können, welche zwei Thalsysteme trennen, und dass ein eine Gebirgskette durchschneidendes Querthal erst in jüngster Zeit vollendet wurde.

Gewaltige Bergstürze zur Postglacialzeit sind in den nordtiroler und bayerischen Alpen keine Seltenheit. Es wird sich im weiteren Verlaufe dieser Untersuchungen zeigen, dass sich der Isargletscher nördlich des Wettersteingebirges ausbreitete und alles Land bis zu einer Höhe von 1500 m vereiste. Das Gebiet nordwestlich der Zugspitze jedoch zeigt, obwol es sich nur 800—900 m hoch erhebt, keine Spur einer Vereisung, weder Rundbuckelformen,

Digitized by Google

noch Moränen, noch erratische Blöcke. Es gewährt vielmehr einen ähnlichen Anblick wie der Boden des Fernpasses. In den Wäldern am Ufer des Eibsees sind enorme, haushohe Blöcke von Wettersteinkalk wirr zerstreut. Daneben finden sich auch Felsklötze von Keuperdolomit. Alles besteht aus Schutt und Trümmern, welche bereits von den Gebrüdern SCHLAGINTWEIT[1]) bemerkt, und von diesen und GÜMBEL[2]) dem Alluvium beigerechnet wurden. Dazwischen treten wie am Fernpasse kleine abflusslose Seen auf, von denen der Eibsee der bedeutendste ist. Zweifellos hat man es hier, wie auch am Fernpasse, mit einem Bergsturzgebiete zu thun.

HEIM[3]) berichtet von einer Kalkbreccie bei Flims im oberen Rheinthale. Er schildert, dass hier einzelne Schutthügel und Wälle auftreten, dass dagegen das erratische Material fehlt. Auch hier finden sich kleine Seen im Bergsturzgebiete. Es dürfte nach diesem die Gegenwart von Einsturzseen in den Alpen bewiesen zu erachten sein. Der 1,80 qkm grosse Eibsee zeigt, dass nicht unbeträchtliche Becken sich als die Folge von Einstürzen bilden können. —

Das obere Loisachthal zeigt also nicht die vermuthete ausserordentliche Entfaltung von Glacialerscheinungen, aber es fehlt andrerseits doch nicht an Beweisen, dass sich hier ein Gletscher ausdehnte. Demselben boten sich zwei Auswege. Durch das Hinterthorenthal konnte er nach Westen vordringen, und in der That lehren Urgebirgsgeschiebe, welche ich im genannten Thale unweit des Weilers Lähn auffand, dass sich der Loisachgletscher in dieser Richtung erstreckte. Durch das Loisachthal konnte sich derselbe ferner nordwärts ergiesen. Es wird sich später zeigen, dass dieser Arm bei Griesen auf den Isargletscher stiess und demselben tributär wurde, während der Zweig des Hinterthorenthales sich mit dem Lechgletscher vereinigte. So erscheinen die Eismassen des oberen Loisachbeckens eingeengt zwischen zwei mächtige Gletscher, welchen sie nach kurzem Verlaufe zuströmen;

[1]) A. u. H. SCHLAGINTWEIT, Neue Untersuchungen über die physikalische Geologie und Geographie der Alpen. p. 545.

[2]) Geolog. Karte der bayerischen Alpen, Blatt Werdenfels. Vergl. auch das Profil am Fusse des Blattes Lindau.

[3]) Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 204 u. 205.

Digitized by Google

sie sind zu unbedeutend, um sich ihre Selbstständigkeit wahren zu können. Sie haben nur ein kleines Zuflussgebiet und erfahren nur unbedeutende Vermehrung seitens des gewaltigen Eisstromes im Innthale. —

Wie bereits erwähnt und aus Tafel I zu ersehen, führt neben dem Fernpasse ein zweiter Pass nach dem Thale des rothen Leches. Es ist dies das Tegesthal, dessen höchster Punkt 1580 m hoch liegt. Es war mir leider nicht möglich, dasselbe zu besuchen und feststellen zu können, ob ein Zweig des Inngletschersystemes sich in das Roth-Lechthal drängte. Desgleichen muss ich offen lassen, ob nicht vielleicht von Tarrenz ab durch die 1905 m hohe Scharte, welche das Salvesenthal mit dem Bschlabsthal, also zwei dem Inn und Lech tributäre Thäler verbindet, Eismassen vom alten rhätischen Thale in das Lechthal überflossen. Waren die Höhenverhältnisse zur Glacialzeit den heutigen gleich, so war allerdings an beiden Stellen die Möglichkeit hierfür geboten, wie am besten Tafel I lehrt; allein eine Betrachtung der Glacialerscheinungen im Lechthale wird ergeben, dass, falls wirklich ein solches Ueberfliessen stattfand, dasselbe nur zur unbeträchtlichen Vermehrung eines eigenen Lechthalgletschers beitrug.

Kapitel VI.

Der Seefelder Pass und Isargletscher.

Seefelder Pass, Leutasch-, Scharnitz- und Mittenwalder Pass. Querthal der Alpen. Erscheinungen auf dem Seefelder Passe, im Scharnitz-, Leutasch- und Mittenwalder Pass. Gletscherentwicklung nördlich des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges. Gletscherarme des Ammer-, Loisach-, Kochelsee- und Isarthales. Isargletscher.

Während der Fernpass als zwar tiefe, aber doch verhältnissmässig enge Scharte am nördlichen Gehänge des Innthales auftritt, wird dasselbe in sehr fühlbarer Weise durch den Seefelder Pass unterbrochen. Auf eine Entfernung von $10^1/_2$ km setzen die gewaltigen Wände von Wettersteinkalk, welche das Innthal gegen Nord mauerartig begrenzen, aus, und machen einer welligen Hochebene Platz, deren Niveau sich bis unter 1200 m herabsenkt, also sich kaum um 600 m über den heutigen Innspiegel erhebt (vergl.

Digitized by Google

Tafel I). Was aber am bemerkenswerthesten ist, diese Hochebene gehört nicht dem Flussgebiete des Inns an, sondern sie wird nach Norden durch die Isar entwässert. Unmittelbar bis an das Innthalgehänge erstrecken sich hier die feinen Wasseradern, welche sich im Leutasch- und Lahnbache sammeln, um dann in engen Pässen, dem Schauplatze mannigfacher Kämpfe zwischen Bayern und Tirolern, die Ketten des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges zu durchbrechen. Es sind dies der Leutasch- und Scharnitzpass; zwischen beiden erhebt sich das Massiv der Ahrnspitz. Bei Mittenwald treffen diese Pässe zusammen, eine einzige Scharte unterbricht hier Wetterstein und Kahrwendel.

Der Seefeld-Mittenwalder Pass ist gleich dem Fernpasse das Glied eines grossen Thalzuges, welcher die nordtiroler Alpen in ihrer ganzen Breite durchquert. Genau nördlich von ihm sind nämlich auch die nördlichen Ketten durch einen tiefen Pass unterbrochen, dessen Verlauf durch den Walchen- und Kochelsee angedeutet wird. So kommt es, dass hier eine Strasse die bayerischen Alpen in gerader Richtung durchkreuzen kann, es ist der Weg, welcher in gerader Richtung von Kochel über Mittenwald nach dem Innthale führt. Freilich gehört dieses Querthal nicht einem einzigen Flusssysteme an. Die Gewässer, welche ihm folgen, verlaufen nur eine kurze Strecke in ihm, um dann, wie es in den Ostalpen allgemein der Fall ist, in Längsthälern weiter zu fliessen. Die Isar, welche den oberen Theil des fraglichen Querthales entwässert, verlässt dasselbe bei Wallgau, um sich ostwärts zu wenden. Die Oberach und der Walchensee, welche den mittleren Theil des Thalzuges charakterisiren, werden gleichfalls nach Osten durch die Jachenau entwässert; der Kochelsee endlich, am Nordende der Senkung, gehört einem dritten Flussgebiete an. Dies Verhältniss dürfte darauf hinweisen, dass das geschilderte Hauptquerthal kein einheitliches Ganze repräsentirt, es setzt sich eben aus verschiedenen, einzelnen Querthälern zusammen, deren Zusammenfallen in eine Linie mehr zufällig ist. So dürfte kein Grund zur Annahme vorliegen, dass das Kochelsee-Seefelder Thal eine Spalte ist, oder eine ausser Funktion gesetzte Rinne, durch welche vielleicht früher die Centralalpen dränirt wurden. Wenn aber sich nicht erweisen lässt, dass jenes Querthal flüssigem

Digitized by Google

Wasser einen Durchlass von den Centralalpen nach der Hochebene darbot, so war es sicher einer der Hauptwege, auf welchem die Eismassen aus dem Herzen der Alpen nordwärts strömten. Auf eine Entfernung von $10^1/_2$ km senkt sich ja der Seefelder Pass tief unter das obere Niveau des Innthalgletschers, wie aus Tafel I erhellt, er bot demselben einen Durchlass von $3^1/_2$ Millionen Quadratmeter Fläche, und selbst der engere Mittenwalder Pass konnte einem Eisstrom vom Niveau des Innthalgletschers eine Pforte von $2^1/_4$ Millionen Quadratmeter Fläche bieten.

Schon SEDGWICK und MURCHISON[1]) drücken ihr Erstaunen über das Vorkommen von Urgebirgsblöcken in der Gegend von Seefeld aus. Sie fanden dieselben hier in 5000 Fuss Höhe, sie heben deren Herkunft aus den Centralalpen hervor, und meinen, dass der Raum, den heute das Innthal zwischen Seefeld und den Centralalpen einnimmt, von diesen Blöcken überschritten worden sei. Auch A. ESCHER VON DER LINTH[2]) gedenkt dieser Blöcke. GÜMBEL verzeichnet ferner auf seiner vortrefflichen geologischen Karte des Alpengebietes unweit Seefeld ausgedehnte Ablagerungen von Hochgebirgsschotter, und aus den Beschreibungen dieser Vorkommnisse ist leicht zu entnehmen, dass es sich hier um Grundmoränen handelt. Als solche werden sie auch neuerlich von GÜMBEL[3]) angesehen. Auf v. HAUER's Uebersichtskarte von Oesterreich-Ungarn sind diese Ablagerungen, wie die Hochgebirgsschotter GÜMBEL's ganz allgemein als Kalktuff angegeben. E. v. MOJSISOVICS[4]) endlich verfolgte die Urgebirgsfindlinge über den Seefelder Pass in das Flussgebiet der Isar, und äussert die Meinung, dass sie sich in dieser Richtung noch weiter verbreiten dürften. In der That, der Seefelder Pass ist reichlichst mit Glacialerscheinungen ausgestattet. Zunächst fallen die rundhöckerigen Berg-

---

1) A Sketch of the eastern Alps. Proced. geolog. Soc. London. 1831. p. 406.

2) A. a. O. Neues Jahrb. 1845. p. 541.

3) Abriss der geognostischen Verhältnisse der Tertiärschichten bei Miesbach und des Alpengebietes zwischen Tegernsee und Wendelstein. 1875. p. 27.

4) Ueber die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1869. p. 139. Note.

Digitized by Google

formen auf, welche sich bis über 1700 m Höhe verfolgen lassen. Allenthalben auf der Passhöhe sieht man Grundmoränen, welche unweit Seefeld bis über 60 m Mächtigkeit erreichen. Dieselben sind so voller Urgebirgsblöcke, dass die Bäche fast mehr Gerölle von krystallinischen Schiefern als von Triaskalken führen. „Man könnte sich fragen", äussert von Mojsisovics, „ob man in ein mesozoisches Kalkgebirge oder in ein krystallinisches Schiefergebirge einzutreten im Begriffe sei." Schliesslich gibt es noch echte Gletscherschliffe auf der Passhöhe unweit des Weilers Buchen, deren Richtung im Verein mit dem Vorkommen von Urgebirgsgeschieben es zweifellos macht, dass ein Zweig des Inngletschers sich hier nach Norden abgelöst hat.

Nördlich jener Kalkalpenkette, welche der Seefelder Pass durchbricht, zieht sich ein scharf ausgesprochenes Längsthal von Seefeld nach dem oberen Loisachthale. Der höchste Punkt dieses „Gaisthales" erreicht an der Pestkapelle von Ehrwald wenig über 1600 m Höhe; es musste sich daher fragen, ob ein Ast jenes Gletscherarmes, welcher am Seefelder Passe seine Spuren hinterlassen, nicht vielleicht in das Gaisthal eingedrungen sei und sich nach dem oberen Loisachbecken erstreckt habe. Allein es lassen sich Urgebirgsgeschiebe nur eine Strecke weit in das gedachte Thal verfolgen. A. und H. Schlagintweit[1]) verzeichnen noch solche unweit der Wildermieminger Alm in 1340 m Höhe. Weiter westlich jedoch fand ich keine erratischen Blöcke, überhaupt kein glaciales Material, weshalb wol nicht anzunehmen ist, dass ein Zweig des Inngletschers dieses öde Thal durchmaass. Dagegen ist der nordwärts gerichtete Lauf des Seefelder Armes deutlich zu verfolgen. Fehlt zwar den Engen der Leutasch und Isar zufolge späterer Erosion jenes an Gletscherwirkungen unbedingt erinnernde Aussehen, so mangeln doch nirgends Urgebirgsfindlinge, und Pichler[2]) verzeichnet auf den Gehängen der Ahrnspitze, welche Leutasch- und Scharnitzpass trennt, erratische Blöcke in noch über 1600 m Meereshöhe. Reichlich sind Glacialerscheinungen dann

[1]) Neue Untersuchungen u. s. w. Atlas. Taf. XIX. Geologische Karte der Umgebung der Zugspitze und des Wettersteines.

[2]) Zur Geognosie der Alpen. Karte 1867.

Digitized by Google

wieder unweit Mittenwald entwickelt. Gletscherschliffe sind auch hier die sichersten Zeugen dafür, dass ein Gletscher diese Enge durchmaass; Blöcke krystallinischer Schiefer sind in ungeheurer Zahl, wie schon von älteren Beobachtern hervorgehoben, über die Gehänge zerstreut; unter diesen Geschieben sah ich auch dioritische Gesteine aus dem Engadin; die moutonnirten Formen steigen bis über 1600 m an.

Somit ist erwiesen, dass ein Zweig des Inngletschers die beiden südlichen Hauptketten der nordtiroler Kalkalpen durchbrach, er konnte sich nun in einem weiten Längsthale ausbreiten, welches sich im Norden jener Ketten erstreckt. Es ist dies jenes Thal, in dem Loisach und Isar ein Stück weit fliessen, und das sich westwärts über den Plansee bis zum Lechthale verfolgen lässt. Eine Reihe von Pforten stellt die Verbindung desselben mit der bayerischen Hochebene dar. Es sind dies von West nach Ost das Ammer-, Loisach-, Kochelsee- und Isarthal, welche die nördlichsten Ketten in einzelne Berggruppen zerlegen.

Schon die Gebrüder SCHLAGINTWEIT[1]) konstatirten auf der einen Seite dieses Thalzuges erratische Blöcke. Sie fanden Urgebirgsgeschiebe in bedeutender Höhe am Wettersteingebirge. GÜMBEL hat diese Angaben bestätigt[2]). In der That finden sich auf dem Hohen Kranzberge bei Mittenwald Findlinge in 1350 m Höhe. Sie liegen unweit der Wettersteinalp 1440 m hoch; die beiden SCHLAGINTWEIT notiren solche unter der Alpspitze auf dem Kreuzjöcherl 1500 m hoch. GÜMBEL erwähnt auch „Hochgebirgsschotter“ auf dem Thörl unweit des Eibsees; Unwetter hinderte mich, diese Beobachtung zu wiederholen; jedenfalls aber deuten zahlreiche Urgebirgsgeschiebe unweit Griesen, wo die Loisach in unser Längsthal einbiegt, darauf hin, dass sich der von Mittenwald kommende Arm des Inngletschers bis hierher erstreckte; nur auf diesen letzteren können die Findlinge von krystallinischen Gesteinen zurückgeführt werden, da nicht anzunehmen ist, dass derselbe Gletscher, der im oberen Loisachbecken nur ganz ausnahmsweise Urgebirgsgeschiebe ablagerte, ein Stück weiter thalab-

[1]) Neue Untersuchungen. Geolog. Karte der Zugspitze etc.
[2]) Alpengebirge. p. 802.

Digitized by Google

wärts dergleichen in grosser Zahl hinterliess. Verbreitete sich derselbe wirklich im Thale der Loisach nach Norden, was noch zu verfolgen ist, so traf er eben bei Griesen einen Arm des Inngletschers, der ihn gänzlich absorbirte. Selbst in der Gegend des Plansees, und längs dessen Abflusses bis nach Reutte liegen Urgebirgsgeschiebe, welche möglicherweise auch durch den in Rede stehenden Arm des Innthalgletschers dahin gebracht worden sind. Ausgedehnte Ablagerungen von Grundmoränen nördlich des Wettersteingebirges, so z. B. auf dem Wettersteinwalde, in der Gegend von Partenkirchen und bei Griesen vervollständigen das hier kurz skizzirte Bild von der Verbreitung eines Zweiges des Inngletschers in einem Theile der bayerischen Alpen.

Wie sich derselbe aber westlich von Mittenwald an dem Nordabfalle des Wettersteingebirges ausdehnte, so verbreitete er sich auch ostwärts. Muss hier zwar unentschieden gelassen werden, ob sich von Mittenwald unmittelbar am Abfalle des Kahrwendels ein Gletscherarm über die Vereinsalpe nach dem Rissthale erstreckte, so ist doch sicher, dass sich eine gewaltige Eismasse ein Stück weiter nördlich ausbreitete und den Thälern der Isar und Jachenau nach Osten folgte. Die niedrigen Bergrücken zwischen diesen beiden Thälern kontrastiren durch ihre eigenthümlich gerundeten Formen mit den jähen, schroffen, aber weit höheren Gipfeln des Kahrwendels im Süden und der Benediktenwand im Norden. Allenthalben sieht man auch Grundmoränen in den Senkungen zwischen den Gipfeln; Urgebirgsgeschiebe werden hier schon von einer älteren geologischen Karte[1]) verzeichnet, es sollen sich deren auch auf dem Hochkopf südlich vom Walchensee, also in 1500 m Höhe finden, ein Gletscherschliff unweit Wallgau endlich dokumentirt; dass sich Eis wirklich in nordöstlicher Richtung bewegte.

Es kann nach alledem wol keinem Zweifel unterliegen, dass

---

[1]) Mineralogisch-petrographische Karte der bayerischen Alpen zwischen der Isar und Wertach nach der unter der oberen Leitung der k. General-Bergwerks- und Salinenadministration vollzogenen geognostischen Aufnahme in den Jahren 1840 und 1841. Kunst- und Gewerbeblatt des polytechn. Vereins f. d. Königreich Bayern. XXIX. 1843.

Digitized by Google

sich ein Zweig des Innthalgletschers, nachdem er den Seefelder und Mittenwalder Pass überschritten hatte, in dem grossen Längsthale ausbreitete, welches sich am Fusse des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges entlang zieht, und zwar muss er dasselbe bis zu einer Höhe von 1500 m erfüllt haben. Diese Eismasse empfing nun jedenfalls Zuflüsse durch lokale Gletscher. So ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass das Wettersteingebirge einen eignen Gletscher erzeugte. Befindet sich doch heute noch ein kleiner Gletscher im obersten Ende des Rainthales, welches sich in das genannte Gebirge hineinzieht. Nun sah ich bei der Wettersteinalp mächtige Moränen, lediglich aus Wettersteinkalk bestehend, kein einziges Urgebirgsgeschiebe enthaltend, und darunter einen Gletscherschliff, welcher nach Norden gerichtet ist, also eine Ablagerung, die sich nur durch einen lokalen Gletscher erklären lässt. Vermuthungsweise sei auch ausgesprochen, dass das Riss- und Pfansthal, welche aus den wildesten Partien der Kahrwendelgruppe kommen, lokale Gletscher nährten und dem im Isarthale strömenden Zweige des Inngletschers zuführten. Jedenfalls wurden diese Thäler, welche beide ihren Ursprung unweit des Achensees nehmen, nicht vom Innthale aus vergletschert, obwol sie durch nicht allzuhohe Pässe von dem Achenthale getrennt werden, durch welches sich ein Zweig des Inngletschers nach Norden erstreckte. Auf der Höhe des einen dieser Pässe, dem Pfanser Joche, nahm ich durchaus keine erratischen Blöcke wahr. Schliesslich vereinte sich mit der im Isarthale strömenden Eismasse noch ein Zweig des Inngletschers, welcher dem Achenthale folgte.

Das gewaltige Meer von Eis, welches sich in dem Längsthale nördlich des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges ausbreitete, wurde nun durch die oben bereits genannten kurzen Querthäler, welche die nördlichste Alpenkette durchbrechen, entwässert. Durch das Ammer-, Loisach-, Kochelsee- und Isarthal traten seine einzelnen Ausläufer auf die bayerische Hochebene. Zwischen Ammer und Loisach sind Gletscherspuren noch in einer Höhe von 1420 m von den Gebrüdern Schlagintweit verzeichnet und auf dem Ettaler Berge, welcher eine leichte Kommunikation zwischen Loisach- und Ammerthale ermöglicht, zeugt ein Gletscherschliff von dem Eisübergange. An den Gehängen der Scharte zwischen Kochel-

Digitized by Google

und Walchensee sah ich erratische Blöcke noch 1160 m hoch, und Gümbel gibt „erratischen Schutt“ an der Benediktenwand in einer Höhe von 1120 m an.

Der Zweig des Inngletschers, welcher sich bei Seefeld von demselben loslöste, durchschritt also den Mittenwalder Pass, in demselben seine Spuren noch in 1600 m Höhe hinterlassend. Dann breitete er sich in dem grossen Längsthale aus, welches sich am Fusse des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges entlang zieht. Westwärts drang er bis zum Plansee, ostwärts bis zur Umbiegung der Isar an der Einmündung des Achenthales in demselben vor. Er erfüllte es bis zu einer Höhe von 1500 m. Durch vier Pforten trat er sodann auf die bayerische Hochebene. Seine obere Grenze lag hier immerhin noch 1200 m bis über 1400 m hoch. Aus diesem gewaltigen Meere von Eis konnten nur die höchsten Gipfel und Kämme des Gebirges hervorragen, welche die geringste Fläche desselben einnehmen. Der grösste Theil des Gebirges war vom Eise begraben. Diese Masse stammte aber nicht ausschliesslich vom Inngletscher, sie wurde durch lokale Zuflüsse vermehrt. Da sie sich nun wie ein einheitliches Ganze verhält, und nur theilweise also eine Dependenz des Inngletschers ist, so dürfte gerechtfertigt sein, sie als besonderen Gletscher zu bezeichnen. Es dürfte sich empfehlen, dieselbe deshalb, weil sie ihre Hauptentwicklung im Isargebiete nimmt, als Isargletscher zu bezeichnen, wie bereits durch Zittel vorgeschlagen worden ist.

Kapitel VII.

Ausbreitung des Inngletschers in den nördlichen Kalkalpen zwischen Achensee und der Chiemseeache.

Lage des Achensees am Innthale und Entwässerung desselben zur Isar. Findlinge im Achenseegebiete. Gletscherverzweigungen nach dem Isarthale und Tegernsee. Entwicklung unterhalb der Brandenberger Ach. Ueberfluthung des Thalgehänges. Falepthal. Spitzingpass. Jugendliches Alter desselben. Querthäler der Kalkalpen. Landl, Abzweigung nach dem Weissachthale. Berührung mit dem Salzachgletscher. Austritt des Inngletschers aus den Alpen. Inn- und Prienthal.

Der Seefelder Pass entführte dem Inngletscher einen sehr bedeutenden Zweig, und wie bereits erwähnt, muss es späteren Unter-

Digitized by Google

suchungen vorbehalten sein, genau den Einfluss zu studiren, welchen diese Verminderung der Eismasse auf das Niveau des Inngletschers ausübte.

Tafel I lässt erkennen, dass unterhalb des Seefelder Passes das Nordgehänge des Innthales wieder von mauerartigen Ketten der nördlichen Kalkalpen gebildet wird, welche bis zum Achenseethale keine einzige tiefe nach Norden gerichtete Unterbrechung erfahren. Zwischen Zirl und Jenbach war also dem Inngletscher nirgends Gelegenheit gegeben, nach Norden überzufliessen. Bei Jenbach öffnet sich dann das Achenseethal, als ein zwar enger, aber sehr tiefer Einschnitt in den südlichen Ketten der nordtiroler Kalkalpen. Fast bis an das Gehänge des Innthales reicht der Südzipfel des Achensees, eine Entfernung von nur 4 km trennt beide, und 400 m erhebt sich der Spiegel des letzteren über den Inn. Kein Wall, keine Kette trennt beide, und dennoch strömen die Wasser des Achensees nicht dem Inn zu, sondern ziehen es vor, die nordtiroler Alpen in ihrer ganzen Breite zu durchmessen und der Isar zuzufliessen. Wie bei Seefeld so liegt auch am Achensee die Wasserscheide zwischen Isar und Inn an den Thalgehängen des letzteren; aber während es bei Seefeld wahrscheinlich ist, dass die Zuflüsse der Isar, ihre Thäler rückwärts verlängernd, das Innthalgehänge erreichten, wird sich später zeigen, dass die Sachlage am Achensee eine wesentlich andere ist. Es wird sich ergeben, dass der Achensee eigentlich in das Thalsystem des Inns gehört, dass er erst während der Diluvialzeit von demselben losgeschnürt worden ist. Die ursprüngliche Wasserscheide zwischen Inn und Isar hat tiefer im Gebirge gelegen. Der Umstand, dass sie heute von dem Abflusse des Achensees überschritten wird, ist wol der beste Beweis dafür, wie niedrig dieselbe gewesen ist. Es muss also schon vor der Diluvialzeit ein tiefes Thal die nordtiroler Alpen vom Inn zur Isar durchsetzt haben. Eine solche Depression, welche sich heute an ihrem höchsten Punkte nur wenig über 400 m über den Inn, und zwar bis 935 m Höhe erhebt, musste dem bis 1500 m hoch anschwellenden Inngletscher Gelegenheit geben, einen Zweig nach Norden zu senden. Allerdings wird dieser Arm sich an Bedeutung nicht mit dem bei Seefeld sich einst abzweigenden messen können; wer den Achensee

Digitized by Google

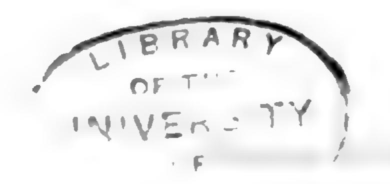
mit seiner geringen Breite und seinen steilen Felsenufern kennt, wird leicht einsehen, dass es sich hier nur um eine enge Pforte handelt, welche höchstens einem Eisstrome von einer Million Quadratmetern Durchmesser einen Ausweg geben konnte, falls sich eben das Eis im Innthale bis zu einer Höhe von 1500 m erhob (Tafel I); aber ein solcher Eisstrom musste immerhin ausgedehnte Spuren hinterlassen.

Längst schon sind in der That durch PICHLER[1]) Findlinge von Urgebirgsarten im Achenseegebiete bekannt geworden. Der tiroler Geolog weist besonders auf einen grossen Gneissblock an den Gehängen des Sonnenwendgebirges in ungefähr 1470 m Höhe hin, welchen er als einen Abkömmling der Stubaier Alpen betrachtet. Er berichtet ferner, dass am Sonnenwendgebirge die Eiszeit ihre Spuren in Form von Gletscherschliffen zurückgelassen habe.[2]) Auch VON MOJSISOVICS[3]) verfolgte die erratischen Blöcke in der Achenseegegend. In der That beweisen Gletscherschliffe, welche durch einen Neubau an dem bekannten Gasthause „Scholastika" am Achensee blossgelegt wurden, dass ein Gletscher dieses Thal passirte, und die dort sehr zahlreichen Urgebirgsgeschiebe lehren, dass derselbe ein Zweig des Inngletschers war. Nach Norden standen, nach Passirung des Achensees, diesem Gletscherzweige zwei Wege offen. Einmal konnte er, dem Laufe des Achenthales folgend, sich in das Isarthal ergiessen, dann aber brauchte er nur den niedrigen Achenpass zu überschreiten, um in das Thal der Weissach, des Hauptzuflusses des Tegernsees zu gelangen. Dass er dieses letztere wirklich gethan, beweisen die ausserordentlich beträchtlichen Grundmoränenmassen auf der Höhe jenes Passes. Eingeklemmt zwischen die Höhen des Hauptdolomites sind dieselben in einer Mächtigkeit von 40—50 m aufgeschlossen. Geschiebe von südlich anstehendem Wettersteinkalk, von rothem Sandsteine, wie er im

[1]) Zur Geognosie der nördlichen Kalkalpen Tirols. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1856. IV. p. 738. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1872. p. 407.

[2]) Beiträge zur Geognosie Tirols. Nr. 8. Vom Sonnenwendjoche. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1875.

[3]) Das Kalkalpengebiet zwischen Schwaz und Wörgl im Norden des Inns. Verhandlungen d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1870. p. 185.


LIBRARY OF THE UNIVERSITY

Innthale nur unterhalb Innsbruck ansteht, ferner die typischen Urgebirgsgeschiebe von Hornblendegesteinen aller Art, bald grünlich, bald schwärzlich, bald granatreich, eklogitartig, bald dioritähnlich, bald gneissig werdend, machen unzweifelhaft, dass ein Arm des Inngletschers den Achenpass überschritt; die oben (p. 38) schon hervorgehobene bemerkenswerthe Schichtung der Moränen lehrt ferner, dass er dieselben nach und nach ablagerte. Es war mir leider nicht vergönnt, die obere Geschiebegrenze in der Umgebung des Passes zu ermitteln. Es will jedoch scheinen, als ob der Gletscher mächtig genug war, um nicht allein im Achenthale nach der Isar und im Weissachthale nach dem Tegernsee vorzudringen, sondern um auch den ganzen Rücken, welcher den Achenpass vom Isarthale trennt, als breiter Strom zu überschreiten.

Das Weissachthal ist verhältnissmässig arm an Glacialerscheinungen; nur sporadische Urgebirgsgeschiebe verrathen, dass es das Bett eines Zweiges des Inngletschers war, und denselben am Tegernsee auf die bayerische Hochebene führte. Nach GÜMBEL[1]) finden sich auf den Höhen zwischen dem letztgenannten See und dem Schliersee Urgebirgsgeschiebe bis 1200 m Höhe, dies dürfte ungefähr die obere Gletschergrenze am Rande des Gebirges gewesen sein.

Wie der Isargletscher durch eine Reihe von lokalen Gletschern des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges genährt wurde, so dürfte wol auch der Achenthaler Zweig des Inngletschers lokale Zuflüsse besessen haben. So stiegen in dem Falzthurnthale vermuthlich Gletscher von der Kahrwendelgruppe nach dem Achensee herab, wenngleich ich gestehen muss, Spuren derselben bei einem allerdings nur flüchtigen Besuche jenes Thales nicht gesehen zu haben. Doch konnte ich auch anderseits keinerlei Anhalt dafür gewinnen, dass dieses Thal nicht mit einem Gletscher erfüllt gewesen wäre und vielleicht einen Gletschersee während der Diluvialperiode beherbergte. Desgleichen werden spätere Untersuchungen zu entscheiden haben, ob das Sonnenwendgebirge eigene Gletscher erzeugte und ob durch das Ampelsbacher Thal und den niedrigen Pass von Ober-Berg (Tafel I) der Achenthaler Gletscher

[1]) Alpengebirge. p. 802.

Digitized by Google

mit den weiter östlich gelegenen Verzweigungen des Inngletschers zusammenhing. Es sind dies Fragen von nur lokaler Bedeutung. Hier kommt es bloss darauf an zu zeigen, dass sich ein Zweig vom Innthalgletscher am Achensee loslöste, sich in den nördlichen Kalkalpen verbreitete, im Westen mit dem Isargletscher vereint bei Tölz die bayerische Hochebene betrat, im Osten dieselbe durch noch zu erwähnende Zuflüsse verstärkt, am Tegernsee erreichte.

Oestlich vom Achensee erhebt sich noch einmal am Innthalgehänge eine Kette der nördlichen Kalkalpen zu der gewöhnlichen Höhe. Es ist dies das vordere Sonnenwendgebirge oder die Rofangruppe. Dann bricht jene mauerartige Begrenzung plötzlich scharf ab, die Nordgehänge des Innthales steigen nicht mehr wie bis dahin fast ununterbrochen bis zu über 2000 m Höhe an, sondern erheben sich nur im Mittel auf 1300—1400 m. Aber auch die übrigen Ketten der Nordalpen verlieren an Höhe und Zusammenhang, und werden vielfach von Thälern durchbrochen. Einigermaassen tritt durch ihren Zusammenhang und ihre Höhe nur jene Kette hervor, auf welcher die deutsch-österreichische Grenze verläuft. Ich möchte dieselbe als die Kette des hinteren Sonnenwendjoches bezeichnen. Sie zieht sich fast bis zum Innthale, wobei sie freilich an Höhe allmählich verliert, wird aber auch an mehreren Stellen durch tiefe Scharten unterbrochen. Während nun in den westlichen Theilen des Gebirges die Lücken in den Ketten nur dazu dienen, um den Gewässern nach Norden Durchlass zu gewähren, wird die Kette des hinteren Sonnenwendgebirges von südlich strömenden Wasserläufen durchsetzt, und die Wasserscheide der nordtiroler Alpen verlegt sich ziemlich nahe an deren Nordabfall. Der Inn empfängt aus dem in Rede stehenden Gebiete den einzigen nennenswerthen Zufluss von Norden während seines ganzen 150 km langen Laufes zwischen Central- und nördlichen Kalkalpen. Es ist die Brandenberger Ache.

Wenn nun an den Gehängen des vorderen Sonnenwendgebirges der Inngletscher seine Spuren noch in einer Höhe von 1450 m hinterliess und ferner bei Kufstein noch bis 1360 m Höhe anstieg, so musste er sich in dem erwähnten niedrigen, in viele einzelne Berggruppen zerlegten Theile der bayerischen

Digitized by Google

Alpen sich weit ausbreiten können. Zunächst konnte er das nur 1300—1400 m hohe nördliche Gehänge des Innthales überfluthen, und das ganze Gebiet bis zu der sich im Mittel 1700 m hoch erhebenden Kette des hinteren Sonnenwendjoches überschwemmen. Er musste ferner durch die Scharten desselben nordwärts vordringen, die niedrigen Pässe, welche zur nördlichen Abdachung führen, überschreiten, und so an verschiedenen Stellen die bayerische Hochebene erreichen.

Sind auch die bisher bekannten Thatsachen noch nicht genügend, um eine genaue Schilderung der Vergletscherung des in Rede stehenden Bezirkes zu entwerfen, so reichen sie doch aus, um obige Vermuthung, das theoretisch konstruirte Bild in seinen Hauptzügen zu bestätigen.

Zahlreiche Urgebirgsblöcke in der Gegend von Brandenberg, Rietenberg und wie schon von Mojsisovics[1]) erwähnt, vor allem bei Thiersee bekunden, dass der Inngletscher dieses Gebiet überdeckte; Gletscherschliffe bei Brandenberg und Thiersee beweisen ferner, dass sich diese Eismasse im Sinne des Innthales nämlich nach Nordost bewegte, obwol sie von demselben durch die wahrscheinlich nicht vergletschert gewesenen Gipfel des Brandenberger Joches, Heuberges und Pendlings getrennt war. Sie verhielt sich also zum eigentlichen Inngletscher wie ein ausgetretener Fluss zum Stammflusse; das Land bis zur hinteren Sonnenwendjochkette war vom Inngletscher überschwemmt. Bedauerlicherweise mangeln gerade hier recht sehr Beobachtungen über das obere Niveau des Gletschers, fortwährendes Regenwetter zur Zeit meines Besuches hinderte mich an der Ausführung der nöthigen Bergbesteigungen. Pichler[2]) erwähnt, dass er krystallinische Geschiebe am Wibnerjoche gefunden habe. Dies würde auf ein Niveau des Eises von über 1300 m schliessen lassen, und Beobachtungen über das Auftreten von Blöcken in der Gegend von Kufstein lassen muthmaassen, dass das Eis nicht viel höher anstieg. Auf eine weit

[1]) Das Gebiet von Thiersee, Kufstein, Walchsee und Kössen in Nordtirol. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1869. p. 222.

[2]) Beiträge zur Geognosie Tirols. Innsbruck 1859. p. 169.

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY

grössere Erhebung desselben deuten jedoch die gerundeten Bergformen. Alle die Berge, welche sich am Nordgehänge des Innthales unterhalb Rattenberg erheben, sind domförmige, gerundete Kuppen, obwol sie aus ebendemselben Wettersteinkalke bestehen, dessen groteske Formen dem Wettersteingebirge seinen hohen landschaftlichen Reiz verleihen. Diese Kuppen erheben sich bis nahezu 1600 m Höhe.

Von diesem aus dem Innthale ausgetretenen Gletscher lösten sich Zweige los, welche die Kette des hinteren Sonnenwendjoches durchbrachen. Urgebirgsgeschiebe in dem Thale des Oberlaufes der Brandenberger Ach, nämlich der Falep unweit der Kaiserklause (Forsthaus Falep) lehren, dass ein Zweig des Innthalgletschers das Falepthal verfolgte und sich zwischen das hintere Sonnenwendjoch und den Schinderberg zwängte. Wenn man nun weiter aufwärts sowol an der weissen als auch an der rothen Falep Blöcke von krystallinischen Schiefern findet, so kann man nicht zweifeln, dass sich jener Zweig des Inngletschers theilte. Der westliche Ast, derweissen Falep folgend, hat seine Spuren noch „auf dem Wechsel" der Passhöhe zwischen deren Thal und dem der Rottach in Gestalt von Moränen und Gletscherschliffen hinterlassen. Es geht hieraus hervor, dass dieser Ast die Nordalpen kreuzt; er traf am Tegernsee mit einem Theile des Achenthaler Gletschers zusammen, und betrat gemeinschaftlich mit demselben die bayerische Hochebene. Dagegen erreichte der andere Ast, welcher sich in das Thal der rothen Falep erstreckte, nicht die Hochebene. Es ist dies um so bemerkenswerther, als ein sehr niedriger Pass das Thal der rothen Falep nach Norden gegen das Aurachthal öffnet, so dass hier die Kalkalpen von einem fast gradlinig verlaufenden Querthale durchzogen werden, in welchem nach der Analogie anderer Fälle sich ein grosser Gletscher bewegen konnte. Allein auf jenem, etwa 1100 m sich erhebenden Spitzingpasse nimmt man keinerlei Spuren glacialer Bildungen wahr, und auch in der Umgebung des unmittelbar benachbarten Spitzingsees sieht man weder Rundbuckelformen noch Grundmoränen. Dementsprechend muss man annehmen, dass der Spitzingpass nicht von einem Zweige des Inngletschers überschritten wurde, und im Einklange hiermit steht die Thatsache, dass in dem nördlich gelegenen Au-

Digitized by Google

rachthale und dem daran anschliessenden Schlierseebecken Urgebirgsgeschiebe fehlen.

Diese Thatsache gewinnt an Bedeutung, wenn man in Betracht zieht, dass der Spitzingpass unter der oberen Geschiebegrenze der Umgebung liegt. Südlich von ihm sah PICHLER auf der Höhe des Wibner Joches, also 1300 m hoch, erratisches Material, und nördlich von ihm fand GÜMBEL auf dem Kühzagelsattel bei Tegernsee 1120 m hoch noch Hochgebirgsschotter. Unter solchen Umständen drängt sich die Frage auf, warum der nur 1100 m hohe Spitzingpass nicht vom Eise überschritten wurde, während der benachbarte Pass „auf dem Wechsel" trotz seiner Höhe von 1200 m vergletschert war.

Die wahrscheinlichste Antwort hierauf dürfte sein, dass der Spitzingpass gleich dem Fernpasse zur Glacialzeit noch nicht in seiner heutigen Gestalt existirte, und noch nicht als so tiefe Scharte, wie jetzt, die Kalkalpen unterbrach. In der That liegen auch Anzeigen dafür vor, dass in der Nähe des Spitzingpasses in jüngster Zeit namhafte Veränderungen in der Konfiguration des Landes geschehen sind. So sieht man am Nordabstiege des Passes bei Max-Josefsthal mitten im Thalboden mehrere isolirte Hügel, welche aus einer Kalkbreccie bestehen, wie sie gewöhnlich am Fusse steiler Gehänge als Schutthalde auftritt. Bildet diese Breccie nun heute isolirte Hügel, lehnt sie sich also nicht an ein bestimmtes Gehänge an, sondern fällt sie von einem nur ideellen ab, so ist anzunehmen, dass seit der Zeit ihrer Bildung beträchtliche Umgestaltungen der Landschaft erfolgten. Unregelmässige Züge in dem Bodenrelief am Nordabfalle des Passes, kleine Tümpel bei Max-Josefsthal, der Spitzingsee an der Südseite der Passhöhe lassen muthmaassen, dass es vielleicht Bergstürze ähnlich wie am Fernpasse waren, welchen der Spitzingpass seine heutige Gestalt zu danken hat.

Wie dem auch sei, mag ein Zusammenbrechen unterwühlter Gehänge, mag vielleicht ein lokaler Gletscher dem Pass sein jetziges Aussehen gegeben haben, von Belang ist vor allem das jugendliche Alter desselben; denn der Spitzingpass verbindet zwei Thäler zu einem tiefen und geradlinigen Querthale, welches die Kalkalpen durchsetzt. Dieses Querthal ist also erst in jüngster

Digitized by Google

Zeit durch das Fallen der Scheidewand zwischen zwei Thälern entstanden, es gilt hier dasselbe, was oben p. 60 vom Fernpass-Querthale gesagt wurde. Von den drei hauptsächlichsten Querthälern der Kalkalpen, welche in unser Gebiet fallen, sind also zwei jugendlichen Alters, sie sind die jüngsten Bildungen in dem Gebirge; das dritte Querthal, welches von Seefeld über Mittenwald nach dem Walchen- und Kochelsee führt, setzt sich ferner aus einer Reihe von Einzelthälern zusammen, deren Zusammenfallen in eine Linie als Zufall zu betrachten ist. Dies alles lehrt, dass die grossen Querthäler nichts mit Spalten zu thun haben, welche sich bei der Hebung des Gebirges aufthaten, sie sind vielmehr die jüngsten Erscheinungen in der Bildung der Thäler.

Urgebirgsgeschiebe zwischen dem „Landl“ und Bayerisch Zell zeugen davon, dass auch auf diesem niedrigem Passe ein Zweig des Innthalgletschers die hintere Sonnenwendjochkette durchbrach. Derselbe lässt sich weiter in dem Leitzachthale verfolgen, in welchem er die Hochebene erreichte. Dass das Becken des Schliersees und das Aurachthal auch vergletschert waren, das lehren hier verbreitete Moränen; doch wie bereits angedeutet, stehen diese Eismassen zu denen des Innthales nicht in direkter Beziehung,

Unentschieden muss schliesslich auch gelassen werden, ob die westlichste, und zugleich am wenigsten tief eingesenkte Scharte der hinteren Sonnenwendjochkette, welche das Bayer- und Langenauthal verbindet, einem Zweig des Inngletschers als Durchlass nach Norden, und zwar in das Weissachthal diente. Ich habe diesen Pass nicht besucht, um dies konstatiren zu können. Nach analogen Fällen zu urtheilen dürfte es jedoch wahrscheinlich sein. Dasselbe gilt, wie oben schon erwähnt, von dem Passe bei Ober-Berg, welcher südlich der hinteren Sonnenwendjochkette nach dem Achenthale führt.

Der Innthalgletscher wurde also, bevor er das Gebirge verliess, durch eine Reihe von Abzweigungen geschwächt, welche sich in die nördlichen Kalkalpen ausbreiteten und an verschiedenen Stellen die bayerische Hochebene erreichten. In der Gegend des heutigen Fernpasses schob sich ein kleiner Zweig in das obere Loisachthal, aber jener schönste aller Pässe der nordtiroler Alpen

Digitized by Google

war damals schwerlich in seiner heutigen Ausdehnung vorhanden. Höchst wahrscheinlich schied noch ein Felsengrat das obere Loisachthal von dem Thalwege des Inns. Ein gewaltiger Gletscherzweig trennte sich vom Inngletscher am Seefelder Passe. Wir verfolgten ihn als Isargletscher in dem grossen Längsthale nördlich des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges; der kleine Gletscher des oberen Loisachbeckens, sowie lokale Eisströme der Kalkalpen wurden ihm tributär, im Ammer-, Loisach-, Kochelsee- und Isarthale erreichte er die Hochebene. Eine dritte geringere Abzweigung wurde durch das Achenseethal verursacht, dieselbe liess sich einerseits bis zum Isargletscher, andererseits bis in das Becken des Tegernsee verfolgen. Weiter zeigte sich, dass unterhalb des vorderen Sonnenwendgebirges der Inngletscher seine nördlichen Gehänge überfluthete und sich bis an die Kette des hinteren Sonnenwendjoches ausbreitete. Er entsandte durch die Pässe desselben einige Ausläufer direkt nach Norden, welche an verschiedenen Stellen die bayerische Hochebene erreichten. Die Hauptmasse des über die Thalgehänge ausgetretenen Eisstromes folgte aber dem Laufe des Innthales selbst, um mit demselben die nördlichen Kalkalpen zu durchbrechen. Zuvor jedoch gewann sie Berührung mit dem benachbarten Gletschersysteme der Salzach. Eisströme erfüllten nämlich, wie zahlreiche Spuren derselben bekunden, das Elmau- und Brixener Thal, welche die Fortsetzung jener grossen Senkung bilden, die Central- und nördliche Kalkalpen trennt, und die von Wörgl ab aufhört, den Lauf des Innes zu beherbergen. Jene beiden Thäler gestatten heute eine leichte Kommunikation zwischen dem Thale der Chiemsee-Achen und dem des Inns; folgt doch dem einen ein Theil der an Bauten so reichen Giselabahn. Während der Glacialzeit verknüpften die Eisströme jener Thäler daher den Inn- und Chiemsee-Achen-Gletscher, welch letzterer wiederum als ein Glied des Salzachgletschers erscheint.

So waren denn zur Glacialzeit die nördlichen Kalkalpen vom Arlberge bis zum Thale der Chiemsee-Achen durch eine zusammenhängende Eismasse von den Centralalpen getrennt. Die einzelnen Gletscher, welche die Ketten der Kalkalpen durchbrechen, erscheinen nur als Abflüsse dieses Meeres von Eis. Der bedeutendste von ihnen war aber unstreitig der Eisstrom, der im heutigen Inn-

Digitized by Google

thale die Kalkalpen querte. Derselbe musste sich bei Kufstein durch eine enge Pforte zwischen dem Trainsjoche, dem letzten Ausläufer der hinteren Sonnenwendjochkette, und dem hinteren Kaisergebirge durchzwängen, nachdem er zuvor durch das Längsthal, welches die beiden Kaisergebirge trennt, einen Arm nach Osten dem Chiemsee-Achen-Gletscher zugesandt hatte. Darauf deuten die von Gümbel entdeckten Ablagerungen von Hochgebirgsschotter auf der Hochalm, der Einsattelung zwischen dem vorderen und hinteren Kaiser. Nach Durchbrechung jenes engen Passes aber konnte sich der Inngletscher weit über das an Höhe stark verlorene Gebirge verbreiten, und besonders war ihm Gelegenheit geboten, nach Osten hin, nach dem Chiemsee-Achen-Gletscher sich auszudehnen. Er drang solchermassen durch das Walchseethal vor, in welchem er zahlreiche erratische Blöcke und mächtige Grundmoränen hinterliess, und sandte hier einen mächtigen Zufluss dem Chiemsee-Achen-Gletscher. Gletscherschliffe und erratisches Material bezeugen ferner, dass er auch durch das Prienthal nordwärts vordrang, um sich in den Chiemsee zu ergiessen. Die Hauptströmung des Eises aber folgte dem Innthale selbst. Allerdings dürfte dieselbe schwerlich bei ihrem Austritte aus dem Gebirge die Höhe erreicht haben, welche der Isargletscher beim Verlassen der Alpen besass, liegt doch schon innerhalb des Gebirges die obere Geschiebegrenze am Innthale bei Kufstein fast 200 m niedriger als an entsprechender Stelle des Isargletschergebietes bei Garmisch, und wenn anzunehmen ist, dass der Isargletscher am Alpenrande noch bis 1400 m anstieg, so dürfte der Inngletscher beim Verlassen der Alpen kaum über 1200 m hoch angeschwollen gewesen sein.

Dennoch kann es aber keinem Zweifel unterliegen, dass im Innthale der bedeutendste Eisstrom unseres Gebietes die Alpen verliess, darauf weist die enorme Entwicklung hin, die derselbe auf dem nordalpinen Vorlande nahm.

Digitized by Google

Kapitel VIII.

Gletscher des Iller- und Lechthales.

Westliche Senkung der Scheide zwischen Central- und Kalkalpen. Gletscher des Klosterthales. Ausbreitung des Rheingletschers in Vorarlberg. Pässe zwischen Arlberg und Lechthal, sowie diesem und Bregenzer Ach- und Illerthal. Glacialerscheinungen im Illerthale. Urgebirgsgeschiebe bei Oberstdorf. Höhe der Glacialerscheinungen im Illerthale. Mündungen des Illergletschers im Iller-, Starzlach- und Wertachthale. Lokale Gletscher des vorderen Bregenzer Waldes. Lechgletscher, Verzweigungen desselben in das Thannheim- und Hinderthorenthal. Lokale Gletscher der Vilseralpgruppe. Zusammenhang der einzelnen Eisströme.

Die grosse Senkung, welche im Süden Bayerns die Centralalpen von den Kalkalpen trennt, gehört nur zu einem, freilich grösseren Theile in das Fluss- und Thalgebiet des Inn; ihr westliches Drittel senkt sich dem Rheine zu. (Siehe Tafel I.) Es ist dies das Klosterthal, welches bei Bludenz sich mit dem Illthale vereinigt. Der sich bis nahe 1800 m erhebende Arlberg, an und für sich ein Pass, bildet heute die Scheide zwischen den Gewässern des Rheines und denen des Inns, und er war wol auch zur Eiszeit die Grenze zwischen den beiden entsprechenden Gletschersystemen.

Dass das Klosterthal nebst den übrigen Thälern der rhätischen Alpen vergletschert gewesen ist, kann nicht in Zweifel gezogen werden. Freilich mangeln einschlägige Beobachtungen sehr. Frignet[1]) ist meines Wissens nach der Einzige, welcher von Gletscherspuren im Kloster- und Illthale berichtet, dieselben deuten darauf hin, dass sich in beiden Thälern ein mächtiger Eis-

[1]) Phénomène erratique dans la vallée de l'Inn. 1847. p. 47. 65. Bemerkenswerth ist eine Mittheilung Gümbel's (Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. VII. 1856. p. 15), der zufolge zahlreiche Urgebirgsgeschiebe die Gehänge des Illthales bedecken: „Es sind da meist feinkörnige Gneisse, Augengneisse, Syenite und besonders häufig Pistazit führendes Hornblendegestein, welche auf einen ähnlichen Ursprung wie am Bolgen hindeuten.“ Am Bolgen im Algäu finden sich aus Flysch auswitternde Urgebirgsgeschiebe. Von Mojsisovics, der auch diesen Theil der Alpen untersuchte, gab nur sehr dürftige Mittheilungen über hier vorkommende erratische Blöcke. Vergl. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. XXIII. 1873. p. 158. 159.

strom dem Rheingletscher näherte, um sich mit diesem vereint aus den Alpen zu ergiessen.

Der untere Theil des Rheingletschers ist von schweizer Geologen schon ausführlich untersucht worden. Hier kann nur diejenige Partie in Betracht kommen, welche sich in den deutschen Alpen verbreitete; aber gerade über diese ist das wenigste bekannt. Es möge nur angedeutet werden, dass der Rheingletscher nach Durchquerung der durch den Sentis und Hohen Freschen bedingten Enge sich weit über den vorderen Bregenzer Wald ausbreiten konnte.[1]) Er drang in das Thal der Bregenzer Ach ein, und verliess dasselbe wieder in den Thälern der Rothach und Weissach, um sich in diesen auf die Hochebene zu ergiessen. Davon lehren Urgebirgsgeschiebe und Gletscherschliffe bei Oberstaufen unweit des Weissachthales, sowie die Zusammensetzung der Moränen des Rothachthales. Der beide Thäler trennende Rücken des Sulzberges, sowie der sie vom Bodensee scheidende Zug des Pfändler sind übereist gewesen; als zusammenhängende, ununterbrochene Masse überfluthete also der Rheingletscher den nordwestlichen Theil Vorarlbergs. Er empfing hier höchst wahrscheinlich aus dem Hinteren Bregenzer Wald einen Zufluss im Thale der Bregenzer Ach.

Wie heute die grosse Senkung zwischen Centralalpen und den nördlichen Kalkalpen alle von den ersteren kommende Gewässer auffängt, und sie theils dem Rheine, theils dem Inn zuführt, so ist es zur Glacialzeit auch gewesen. Allein den hoch angeschwollenen Eismassen war mehrfach Gelegenheit gegeben, zwischen Rhein und Inn die Kalkalpen zu durchqueren. Wir haben die Durchbrüche vom Innthale aus bereits verfolgt; vom Kloster- und Illthale fanden solche Abzweigungen vermuthlich nicht statt, da beide Thäler durch ziemlich ununterbrochene Wände gegen Nord begrenzt werden. Nur die niedrigen Pässe zwischen dem Walser-Thale und dem der Bregenzer Ache konnten vielleicht südöstlich vom hohen Freschen eine Verbindung zwischen dem

[1]) Vergl. hierzu die Angaben von Lenz über die erratischen Blöcke in Vorarlberg. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1874. p. 85, sowie: Notizen über den alten Gletscher des Rheinthales. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. XXIV. 1874. p. 325.

Digitized by Google

Illgletscher und dem der Bregenzer Ach bewerkstelligen, was noch näher zu verfolgen ist.

Während aber heute der Arlberg als eine scharfe Wasserscheide zwischen Inn und Rhein entgegentritt, kann solches zur Glacialzeit nicht der Fall gewesen sein. Wenn in der Gegend von Nassereith der Inngletscher bis 2000 m anstieg, mussten seine Zuflüsse aus dem vom Arlberge kommenden Stanzerthale noch eine weit beträchtlichere Höhe erreichen, und hoch über den nur 1800 m hohen Arlberg angeschwollen sein. Die dem Inn- und Rheingletscher tributären Zuflüsse aus dem Stanzer- beziehentlich Klosterthale mussten demnach über den Arlberg zusammen hängen, derselbe war keine Scheide, sondern der Verknüpfungspunkt der Gewässer des Inn und Rhein. In der That, dass der Arlberg vergletschert gewesen, erkannte schon MORLOT[1]), welcher auf dessen Höhe Gletscherschliffe wahrnahm. Wir haben also von Rhein bis zur Chiemseeache eine ununterbrochene Eismasse zwischen Central- und Kalkalpen.

An den Nordgehängen des Stanzer- und Klosterthales erheben sich die Kalkalpen ohne namhafte Unterbrechung durch tiefe Pässe; aber gerade am Arlberge, an der Scheide beider Thäler zeigen sie eine tiefe Scharte; es ist dies der Flexenpass, welcher vom Arlberge und zwar fast genau in dessen Höhe (1761 m) in das Lechthal führt, und unweit davon eröffnen noch am Bratzer Stafel und Formarinsee, wie aus Tafel I zu entnehmen ist, zwei Pässe eine Verbindung zwischen Klosterthal und Lechthal. Dieses letztere ist nun in der Nähe seinerseits wiederum durch die niedrigen Pässe von Schröcken und Schrofen mit dem Thale der Bregenzer Ach und der Iller verbunden. So sind Lech-, Iller- und Bregenzerach-Thal durch Einsattelungen gegen die Centralalpen geöffnet und wenn der Arlberg vergletschert war, so mussten jene Einsattelungen gleichfalls vereist sein. Der Arlberg wird solchermaassen zu einem Hauptknotenpunkt der Eismassen verschiedener Gebiete.

Ich bedaure lebhaft, dass es mir nicht möglich war, die genannten Pässe zu besuchen, ihre Bedeutung ist mir erst durch die schöne Karte WALTENBERGER's[2]) über die Oberlechthaler Alpen

[1]) Erläuterungen zur geognost. Karte der nordöstl. Alpen. 1847. p. 60.
[2]) Die Rhätikonkette, Lechthaler und Vorarlberger Alpen. Er-

Digitized by Google

veranschaulicht worden, zuvor hatte ich aus andern Karten nicht entnehmen können, dass der Arlberg ein solcher Hauptpass der Alpen ist, welcher nicht nur von West nach Ost eine Kommunikation vermittelt, sondern auch von Süd nach Nord in die Thäler der Kalkalpen einzudringen gestattet. Wenn aber auch am Arlberge die Thäler des Lech, der Iller und Bregenzer Ach gegen die Centralalpen geöffnet sind, so ist doch einleuchtend, dass die letzteren nie einen irgend wie bedeutenden Gletscher in dieselben entsenden konnten, selbst zu einer Zeit, als der Arlberg übereist war. Dieser letztere ist ein Sattelpunkt zwischen zwei Längsthälern, südlich von ihm erheben sich ununterbrochene Bergwände; es fehlt also an einem Hinterlande für eine Eisentwicklung. Es können über den Arlberg die Gletscher zusammengehangen haben, aber nie von ihm ausgestrahlt sein. Dementsprechend konnten auch nicht bedeutende Eismassen der Centralalpen über den Flexenpass in das Lechthal, und aus diesem in das Iller- und Bregenzerachthal eindringen, und wenn sich in jenen Thälern ausgedehnte Gletscherspuren finden, so rühren sie von ihren eigenen Eisströmen her.

Das obere Thal der Bregenzer Ach habe ich nicht besucht; im Iller- und Lechthale fand ich reichliche Glacialgebilde, deren Zusammensetzung auf das bestimmteste darauf hinweist, dass sie von den Thälern eigenthümlichen Eisströmen herrühren, wenngleich diese letzteren vermuthlich untereinander sowie mit den von den Centralalpen kommenden Gletschern in Berührung standen, falls die Topographie der Gegend von der heutigen nicht abwich.

Die sanften Gehänge und Terrassen des Illerthales sind in ausgedehntem Maasse mit Grundmoränen bedeckt. Deutliche Gletscherschliffe bei Oberstdorf und Tiefenbach beweisen, dass sich in ihm ein Gletscher nordwärts bewegte. In den Moränen überraschen vor allem zahlreiche Urgebirgsgeschiebe, welche in der Gegend von Oberstdorf besonders häufig sind. Auf den ersten Blick möchte man aus ihnen folgern, dass der Illergletscher zahlreiche Zuflüsse aus den Centralalpen, über den Arlberg her erhielt. Allein wandert man von Oberstdorf in dem Stillachthale aufwärts,

gänzungsheft Nr. 40 von PETERMANN's Mittheilungen. Vergl. auch Orographie der algäuer Alpen. Augsburg 1873. 2. Aufl. 1881.

Digitized by Google

in jenem Thale also, durch welches einzig und allein ein über den Arlberg kommender Gletscher der Centralalpen in das Illerthal eindringen konnte, so verliert man die Urgebirgsgeschiebe und trifft allenthalben nur Kalkgeröll an. Man erkennt, dass der Urgebirgsgeschiebetransport nicht von den Centralalpen aus erfolgt ist. Ausserdem bemerkt man auch bei eingehender Betrachtung, dass der petrographische Charakter der Urgebirgsfindlinge von Oberstdorf ein anderer ist als der alpiner krystallinischer Schiefer.

Zunächst fällt der Mangel an jenen charakteristischen grünen Hornblendegesteinen auf, welche in der Centralkette eine so grosse Rolle spielen, ferner erscheinen die vorkommenden Gneisse viel feldspathreicher und undeutlicher geschichtet als die alpinen, die Granite endlich tragen ein ganz anderes Gepräge als die wenigen Alpengesteine dieser Art. Zweifellos hat man es hier nicht mit aus den Alpen stammenden Findlingen zu thun, sondern mit Blöcken, welche sich auf tertiärer Lagerstätte befinden und dem Flysche des Algäu entnommen sind, eine Anschauung, die bereits Gümbel[1]) und Lenz[2]) äusserten. Wie schon durch A. Escher von der Linth[3]) bekannt wurde und später auch Gümbel[4]) berichtete, sind jenem Gesteine an manchen Stellen, vornehmlich am Bolgen, Urgebirgsblöcke eingebettet. Während A. Escher von der Linth die Aehnlichkeit mancher derselben mit Schwarzwaldgesteinen hervorhebt, betont Gümbel die Uebereinstimmung der Augengneisse mit denen des bayerischen Waldes. Diesen Geröllbänken des Flysches dürften die Urgebirgsgeschiebe der Moränen des Illerthales entstammen.

Welche Höhe der Gletscher des Illerthales erreicht hat, konnte ich nicht mit Genauigkeit ermitteln. Während meines 8 tägigen Aufenthaltes im Algäu machte ununterbrochenes Regenwetter jede zu diesem Behufe nöthige Bergbesteigung unmöglich. Am Bolgen fand ich eine Grundmoräne noch in 1320 m Meereshöhe, während sich am Fusse des Berges in 850 m Höhe Gletscherspuren finden. Das Eis dürfte dem entsprechend eine Mächtigkeit von

[1]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. VII. 1856. p. 14.
[2]) Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1874. p. 86.
[3]) A. a. O. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1845. p. 550.
[4]) Alpengebirge. p. 626.

Digitized by Google

mindestens 470 m besessen haben. In diesem Falle war es stark genug, um die sanft abgedachten Gehänge des Illerthales zwischen Oberstdorf und Sonthofen auf weite Strecken zu bedecken. Ausgedehnte Moränenmassen am Abfalle des Imberger Hornes in über 1200—1300 m Höhe legen hiervon beredtes Zeugniss ab. Diesem 5 km breit angeschwollenen Strome war der durch die Rindalphornkette und das Grüntenmassiv eingeengte Ausgang des Illerthales zu schmal. Er theilte sich am Grünten, ein Arm folgte dem Illerthale westlich jenes Berges, der andere drang östlich desselben durch das Starzlachthal in das Wertachthal vor, wovon ausgedehnte Moränen beredt zeugen. Ausserdem konnte er aber auch sich weiter nach Osten ergiessen, er konnte sich über das Ostrachthal zwischen Hindelang und Sonthofen hinwegschieben um weiter ostwärts im Wertachthale die Hochebene zu erreichen. Die Erscheinungen im Ostrachthale stehen mit dieser Muthmassung im besten Einklange. Gletscherschliffe unweit Hindelang beweisen, dass ein Gletscher das Thal kreuzte; mächtige Grundmoränen voller Illergesteine am Aufstieg von Hindelang nach dem Vorderjoche lehren, dass ein Zweig des Illergletschers hier passirte; Gletscherschliffe und Grundmoränen mit den Flyschen des Algäu auf der Höhe des Vorderjoches endlich zeigen, dass jener Zweig diesen Pass überschritt, um sich in das Wertachthal zu ergiessen. Somit erschienen der Grünten und neben ihm wol auch der Rosskopf als Inseln inmitten des gewaltigen auf die schwäbischbayerische Hochebene sich ergiessenden Illergletschers.

Zwischen diesem Illergletscher und dem über die niederen Partien des Bregenzer Waldes ausgebreiteten Rheingletscher dehnt sich ein Gebiet aus, welches von mehreren tiefen Pässen durchbrochen wird, weswegen sich leicht der Gedanke aufdrängt, dass der Rheingletscher durch dieselben in das Illerthal eindrang. Aber es findet sich hierfür nicht die geringste Andeutung; es muss sich daher fragen, warum solches nicht geschehen. Es scheint mir nur eine Erklärung hierfür zu geben, nämlich die, dass das gedachte Gebiet eigene Gletscher erzeugte, welche theils dem Rhein-, theils dem Illergletscher zuströmten, und so den ersteren verhinderten, weiter nach Osten vorzudringen. Allerdings dürften diese Lokalgletscher des vorderen Bregenzer Waldes nirgends die Hochebene

Digitized by Google

erreicht haben, gegen dieselbe sind sie durch die Kette des Rindalphornes abgesperrt gewesen.

Nach Osten ist das Illerthal zusammenhängender begrenzt, und scharf war der Illergletscher vom benachbarten Lechgletscher getrennt, mit welchem er muthmaasslich über den Schrofenpass zusammenhing.

Das Lechthal beherbergte einen enormen Eisstrom. Dasselbe ist nach Süden, wie bereits auseinandergesetzt, durch den Flexenpass und zwei benachbarte Scharten nach dem Klosterthal geöffnet, welches, nach der Ill führend, genau auf der Grenze zwischen Central- und nördlichen Kalkalpen liegt. Ferner kommunicirt, wie auch schon mitgetheilt, das Thal des hauptsächlichsten Nebenflusses des Leches, nämlich des rothen Leches, durch einen sich nur 1580 m hoch erhebenden Pass im Tegesthale mit dem Innthale und ein höherer Pass führt dahin auch aus dem Bschlabsthale. Es war somit mehrorts und zwar an zwei weit entlegenen Stellen die Möglichkeit geboten, dass von den Centralalpen kommende Gletscher in das Thalsystem des Lechs ihre Zweige sandten und in demselben Urgebirgsgeschiebe verbreiteten. Falls dies wirklich geschehen — Gewissheit über diesen Punkt zu verschaffen war mir unmöglich, da ich die genannten weit entlegenen Pässe nicht in das Bereich meiner Exkursionen ziehen konnte — so muss dieser Geschiebetransport ein sehr unbedeutender gewesen sein. Die Moränen des unteren Lechthales bei Weissenbach, Reutte und Füssen, sowie die dortigen Alluvionen, zeichnen sich durch den fast vollständigen Mangel an krystallinischen Schiefern aus. Ich konnte daselbst nur ganz vereinzelte Gneissgesteine konstatiren. Zudem sind alle jene Pässe sehr unbedeutend, und nicht zum Durchlasse beträchtlicher Eismassen geeignet. Das Lechthal aber selbst macht den Eindruck eines im Grossen und Ganzen in sich abgeschlossenen Thales. Darnach dürfte es gerechtfertigt sein, von einem selbstständigen Lechgletscher zu reden, wenn auch derselbe jedenfalls hie und da mit dem grossen Meere von Eis direkt zusammenhing, welches Central- und Kalkalpen trennte, und so Zuflüsse aus dem Gebiete des Rhein- und Inngletschers erhielt.

Mit dem Mangel an alpinen Urgebirgsgeschieben ist nun freilich im Lechthale die Bestimmung der oberen Geschiebegrenze sehr

Digitized by Google

erschwert. Ein jedes solches Gesteinsbröckchen in den Kalkalpen ist ja unbedingt ein Findling, wo hingegen die Findlingsnatur der Kalkgerölle für jeden einzelnen Fall erst zu erweisen ist, was bisweilen mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist. Somit kann ich kein bestimmtes Niveau für die obere Grenze des Lechgletschers angeben; nach den gerundeten Gehängen zu schliessen, dürfte dasselbe unweit Weissenbach oberhalb Reutte nicht unter 1500 m gesunken sein. Jedenfalls war der Lechgletscher hier mächtig genug, um einen Zweig westwärts über den 1100 m hohen Gaichtpass in das Thannheimer Thal zu senden, und um ferner den 1200 m hohen Ehrenberger Schlossberg zu überfluthen, wodurch ihm die Möglichkeit geboten wurde, in das Hinterthorenthal und und das Planseethal einzudringen.

Dass das erstere wirklich der Fall gewesen ist, erhellt nicht nur aus der Zusammensetzung der Moränen im Passe, sondern auch aus der Richtung der hier trefflich aufbewahrten Gletscherschliffe. Wie weit sich freilich dieser Zweig im Thannheimer Thale verbreitete, werden spätere Untersuchungen zu ermitteln haben; ob er bis zum Vorderjoche vordrang, oder ob sich, wie nicht unwahrscheinlich, ihm hier Gletscher der Vilsalpgruppe entgegenstellten, dies lässt sich ohne weiteres nicht aus den sehr spärlichen Aufschlüssen des Thannheimthales entnehmen. Soviel ist aber sicher, dass während die Grundmoränen auf der westlichen Seite des Vorderjoches von dem Illergletscher angehäuft wurden, demnach sich durch die Führung von Flyschgesteinen auszeichnen, die Moränen des östlichen Abfalls jenes Passes nur mesozoische Kalke enthalten, also entweder von einem Zweige des Lechgletschers oder von lokalen Eisströmen des Gebietes abgesetzt wurden, welche hier mit dem Illergletscher zusammentrafen. Jedenfalls ist also hier das ganze Gebiet zwischen Iller- und Lechthal vereist gewesen, und zwar theilweise von Zweigen, welche sich von den Gletschern jener Hauptthäler loslösten, theilweise aber wol auch von lokalen Gletschern, welche zwischen den bis über 2000 m aufragenden Gipfeln der Vilsalpgruppe entstanden. Im allgemeinen dürfte wol anzunehmen sein, dass im Wertachthale ein Zweig des Illergletschers die Hochebene erreichte, während sich durch das Vils- und Engethal dem Lechgletscher tributäre Eisströme nordwärts

Digitized by Google

ergossen. Ist es gestattet, nach der Zurundung der Bergformen in diesem Gebiete auf die Höhe der Eisbedeckung zu schliessen, so dürfte dieselbe zu 1500 m zu veranschlagen sein.

Einer genaueren Untersuchung muss es ferner vorbehalten bleiben, zu ermitteln, wie weit sich der Einfluss des Lechgletschers nach Osten erstreckte. Ueberfluthete er den Ehrenberger Schlossberg, so stand ihm der Eintritt in das Hinterthorenthal und das Becken des Plansees frei. In das Hinterthorenthal aber erstreckte sich, wie aus bei dem Weiler Lähn gefundenen Urgebirgsgeschieben hervorgeht (p. 61), der durch den Inngletscher genährte Eisstrom des oberen Loisachthales. Von Griesen über den Plansee bis zum Lechthale verfolgbare Geschiebe von krystallinischen Schiefern machen ferner wahrscheinlich, dass sich ein Ausläufer des Isargletschers in dieser Richtung bewegte. Sonach dürfe anzunehmen sein, dass Arme des Loisach- und Isargletschers dem Lechgletscher zuströmten und sich mit ihm vereinten. So viel ist unbedingt sicher, dass in allen den zahlreichen kleinen Längs- und Querthälern, welche zwischen Iller, Lech und Loisach auftreten, zusammenhängende Eismassen vorhanden waren. Dieselben wurden nach Norden zu durch die grossen Pforten des Iller- und Lechthales dränirt, durch welche gewaltige Eisströme, deren oberes Niveau auf mindestens 1300 m zu veranschlagen ist, auf die Hochebene gelangten. Sekundäre Eisströme mündeten ferner im Starzlach- (zwischen Grünten und Rosskopf), Wertach-, Vils- und Engethal, welche die Ausläufer einer zusammenhängenden Eismasse zwischen Lech und Iller bilden.

Erscheinen nun auch Iller- und Lechgletscher im Grossen und Ganzen als selbstständige Eisströme der nördlichen Kalkalpen, so sind sie doch vielfach mit den grossen Eismassen der Centralalpen sowie untereinander verbunden. An ihrer Wurzel hingen sie aller Wahrscheinlichkeit nach mit den Gletschern am Arlberge zusammen, weiter abwärts wurden sie durch lokale Gletscher des vorderen Bregenzer Waldes mit dem gewaltig ausgebreiteten Rheingletscher verknüpft; mehrfach traf der Lechgletscher mit den Ausläufern des Inngletschers zusammen, und abgesehen davon, dass muthmaasslich die obersten Partien des Iller- und Lechgletschers mit einander kommunicirten, trafen sie sich wieder am

Digitized by Google

Saume des Gebirges. Wie in keinem anderen Theile der nordtiroler Alpen offenbart sich im Algäu die Verbindung der einzelnen Eisströme. Eine einzige Eismasse lässt sich von der Bregenzer Ach über Iller bis zum Lech verfolgen, aus demselben ragen die Häupter der nördlichsten Gebirgskette als einsame Inseln hervor.

Kapitel IX.

Uebersicht der Vergletscherung in den nordtiroler und oberbayerischen Alpen.

Unterschiede der Vergletscherung in den schweizer und deutschen Alpen. Zusammenhang der einzelnen Gletscher in den Längsthälern. Zusammenhängendes Meer von Eis. Direkte Entwässerung durch Querthäler. Rolle der Längsthäler. Mangel an Zurundung der Gehänge. Verschwinden von Gletscherschliffen. Mangel an Endmoränen und Oberflächenschutt. Hauptgesteinstransport unter dem Eise. Gesetzmässige Verbreitung der Grundmoränen. Hindernissmoränen. Anhäufung der Grundmoränen, wo das Eis sich langsam bewegte. Erodirende Wirkungen, wo Gletscher sich schnell bewegten. Entstehung der Grundmoränen. Verschiedene Wirkungen der Eismasse.

Die nordtiroler und oberbayerischen Alpen gewährten zur Eiszeit nicht genau dasselbe Bild wie die der Schweiz. Zwar entwickelte sich hier wie dort das Glacialphänomen in gleicher Weise, überall folgten die Gletscher den Thälern. Aber gerade die Verschiedenheit des orographischen Baues beider Gebiete bedingte ein verschiedenes Endresultat. Man hat in der Schweiz grosse Stammthäler, welche die Centralalpen in fast radiärer Richtung entwässern. Es waren daher in der Eiszeit wenige grosse Hauptgletscher, welche jenen Thälern folgten, vorhanden. Die deutschen Alpen hingegen werden von zahlreichen Längs- und Querthälern durchzogen, welche vor allem die nördlichen Kalkalpen in einzelne Berggruppen auflösen. Während der Glacialperiode findet man nun in allen jenen Thälern Eismassen, welche gleich denselben mit einander in Verbindung stehen. Ein zusammenhängendes Netz von Eisströmen erfüllt daher die Thäler der Kalkalpen.

Es wurde ausführlich auseinandergesetzt, wie eine einzige zusammenhängende Eismasse vom Rheinthale bis zum Chiemseeachenthale die Centralkette von den nördlichen Kalkalpen schied,

Digitized by Google

es wurden die Ausläufer verfolgt, welche dieselbe in die letzteren entsandte; es wurde ferner beschrieben, wie diese einzelnen Ausläufer wieder in Konnex untereinander und mit eignen Gletschern der Kalkalpen traten. Es zeigte sich so, dass das Thannheimthal eine Verbindung zwischen dem Iller- und Lechgletscher darbot; das Planseethal verknüpfte den letzteren mit einem Zweige des Isargletschers, und einen weiteren Zusammenhang zwischen diesen beiden vermittelte der Loisachgletscher. Durch das Hinterthorenthal mündete er in den Lechgletscher, durch das heutige Loisachthal strömte er vermuthlich dem Isargletscher zu. In welch' grossartiger Weise sich der letztgenannte in dem grossen Längsthale nördlich des Wetterstein- und Kahrwendelgebirges verbreitete, davon ist ausführlich die Rede gewesen; es wurde auseinandergesetzt, dass die Eisströme, welche im Ammer-, Loisach-, Kochelsee- und Isarthal die bayerische Hochebene erreichten, nur die Ausläufer jenes grossen Meeres von Eis waren. Wie dasselbe im Westen sich mit dem Lechgletscher berührte, so stand es im Osten in Verbindung mit dem Achenthaler Zweige des Inngletschers, welcher ihm als breiter Strom zufloss. Dieser letztere Ast erstreckte sich ostwärts bis zum Tegernsee, wo er mit anderen Zweigen des Inngletschers zusammentraf. Die Verästelungen des letzteren in dem Gebiete östlich des Achensees wurden eingehender beschrieben, und es wurde dargethan, wie dieser Gletscher nach Osten mehrfach mit dem Chiemseeachengletscher in Verbindung trat. So erscheint unser Gebiet in einheitlicher Weise vergletschert, und fast möchte man geneigt sein, nicht mehr von einzelnen Gletschern desselben zu reden, sondern von einer zusammenhängenden Eisdecke, welche es überzog, sodass nur die höchsten Gipfel und Ketten als Inseln erschienen. Im Innthale unweit der Einmündung des Oetzthales stieg dieses Meer von Eis bis nahe 2000 m Höhe an. In den Thälern der bayerischen Alpen erreichte es ein Niveau von 1500 m. Seine obere Grenze beim Betreten der bayerischen Hochebene dürfte 1200 m im Mittel überschritten und im Westen höher als im Osten gelegen haben. Trotz dieses unleugbaren Zusammenhanges dürfte es aber immer noch empfehlenswerth sein, von einzelnen Gletschern des Gebietes zu reden: denn jenes Meer von Eis lag nicht unbeweglich und starr da. Es

Digitized by Google

strömte nach gewissen Richtungen, wie der Transport des erratischen Materiales erweist, und diese Strömungen dürften nach wie vor als Gletscher bezeichnet werden. Die solchergestalt bewirkte Entwässerung des Gebietes folgte aber theilweise anderen Bahnen als die heutige durch das fliessende Wasser. Sie geschah auf direkterem Wege. Die Eisströme suchten thunlichst auf den Querthälern das Gebirge zu verlassen. Hie und da folgten sie auch streckenweise den Längsthälern, im allgemeinen vermittelten die in denselben lagernden Eisströme aber wie es scheint nur eine Verknüpfung der verschiedenen in den Querthälern strömenden Gletscher, und es bedarf noch einer genauen Untersuchung darüber, wie und in welcher Richtung sich das Eis in den Längsthälern bewegte. A priori sind drei Möglichkeiten denkbar. Das Eis konnte nämlich entweder durch ein Längsthal von einem Querthale zum andern sich bewegen, was in zwei entgegengesetzten Richtungen geschehen konnte, oder es strömte aus einem Längsthale zwei verschiedenen Querthälern zu. Beispiele für alle diese Fälle konnten bereits nachgewiesen werden. Es zeigte sich, wie der Isargletscher sich nach Ost und West in dem Längsthale nördlich des Kahrwendel- und Wettersteingebirges ausbreitete; es fand sich, dass die grosse Senkung zwischen Central- und Kalkalpen theils nach dem Rheine, theils nach dem Inne entwässert wurde.

Diese gewaltige Vergletscherung hat in den nördlichen Kalkalpen weniger deutliche Spuren hinterlassen, als man nach der Analogie mit anderen Ländern erwarten darf. Die Abrundung der Berggehänge ist weit weniger auffällig als in den norwegischen Thälern. Rundum abgeschliffene Felsbuckel, wie sie an den Küsten dieses schärenumsäumten Landes in so erstaunlicher Zahl auftreten, wie sie über die Ebenen des mittleren Schwedens verbreitet sind, fehlen fast gänzlich. Gletscherschliffe, wie sie dort auf kahlem Fels prächtig zu sehen sind, erscheinen hier als Seltenheit. Es hängt dies mit den in den nördlichen Kalkalpen herrschenden Gesteinen zusammen, welche ungemein leicht der Zertrümmerung unterworfen werden. Ein jeder Winter nagt an den Wänden des Wettersteinkalkes, leicht löst sich der Hauptdolomit in feinen Grus auf. Nicht weil die Vergletscherung weniger intensiv gewesen, sondern weil nach ihrem Ende eine rascher

Digitized by Google

wirkende Zerstörung vor sich geht, zeigen die nördlichen Kalkalpen in ihren Bergformen weit weniger die Spuren einer früheren Vergletscherung als andere Gebiete. Der Gegensatz zwischen den leicht zerstörbaren Kalken, Dolomiten und weichen Schiefern einerseits und den harten, festen, schwerverwitterbaren Urgebirgsarten andererseits bedingt nicht zum geringsten den Unterschied in der Physiognomie Norwegens und unseres Gebietes.

Es ist erstaunlich, wie rasch die Spuren der Vergletscherung auf festem Gesteine, wie schnell z. B. Gletscherschliffe vernichtet werden. Vor kaum zehn Jahren wurden in der Nähe des Schlosses Hohenschwangau durch die Anlage von Fusswegen Grundmoränen von Felshöckern weggeräumt, und heute zeigen diese letzteren keine Spur einer Kritzung und Schrammung mehr. Erst wenn man die noch stellenweise erhaltenen Moränen wegschürft, nimmt man deutliche Schrammen wahr. Binnen zehn Jahren also können die charakteristischten Gletscherspuren allein durch die Wirkung der Verwitterung vernichtet werden. Es ist daher immer ein glücklicher Zufall, einen Gletscherschliff aufzufinden. Nur da, wo ganz kürzlich Moränen weggeräumt sind, sind sie zu erkennen. Bloss an wenigen Stellen fand ich Schliffe auf natürlichen Entblössungen, die meisten konnte ich erst konstatiren, wenn ich an einer passend erscheinenden Stelle die Grundmoränen vom Felsen entfernte. Fast nirgends war dies erfolglos. Dies beweist wol am besten, dass nachträgliche Vorgänge die Wirkungen der Glacialzeit zerstörten, und unter solchen Umständen kann es nicht Wunder nehmen, dass bisher aus dem Gebiete der nordtiroler Alpen fast keine Gletscherschliffe bekannt waren.

Auffällig ist ferner ein Mangel, welcher die vergletscherten Theile unseres Bezirkes von den Gletscherbetten anderer Alpengebiete unterscheidet. Es fehlen in den Thälern der nordtiroler Alpen die End- und Seitenmoränen, welche die Thäler der schweizer Alpen auszeichnen. Weder das Iller-, noch das Lech- oder Isarthal oder endlich Innthal werden von Endmoränenwällen gekreuzt, nirgends sah ich Blockanhäufungen, welche unbedenklich als Reste von Seiten- oder Mittelmoränen gedeutet werden können. Es fehlen ferner jene grossen, eckigen Gesteinblöcke fast gänzlich, welche in der Schweiz

Digitized by Google

zuerst das Studium der Glacialphänomene weckten. Dies fiel schon GÜMBEL[1]) auf, er hebt hervor, dass es im Gebirge nur erratisches Geröll, wol zu unterscheiden von erratischen Blöcken, gebe. In der That besitzen die meisten Findlinge mehr oder weniger abgerundete Formen und geglättete Oberfläche. Dies gilt selbst von grossen, mehrere Kubikmeter haltenden Blöcken, welche in grosser Anzahl in der Gegend von Wallgau am Gehänge des Isarthales umherliegen. Einige dieser Geschiebe sind jedoch nachträglich zerborsten, erscheinen daher eckig, ihre Trümmer liegen aber noch zusammen. Es fehlen also Andeutungen darüber, dass die Eisströme der nordtiroler-oberbayerischen Alpen Oberflächenmoränen und beträchtliche Mengen Oberflächenschutt trugen, wie die Gletscher anderer Gebiete. Der Hauptgesteinstransport geschah nicht auf dem Rücken der Gletscher, sondern unter deren Sohle durch die Grundmoränen.

Diese Grundmoränen sind nicht gleichmässig über das Gebiet verbreitet. Sind sie an einzelnen Stellen in höchst beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt, so fehlen sie an anderen Orten gänzlich. Sie sind in unregelmässigster Weise verbreitet. Es wird nun zu entscheiden sein, ob diese Unregelmässigkeit ursprünglich ist, oder ob sie die Folge nachträglicher Erosion ist.

Sicherlich ist nicht zu leugnen, dass der Erosion eine Menge Moränen zum Opfer gefallen sind. Wenn sie heute in den Thälern des Lechs und der Isar sehr zurücktreten, so dürfte dies zu einem guten Theil die Folge späterer Erosion sein, und wenn dann im Gegentheile in anderen Thälern, wo nur unbedeutende Wasserläufe wirken, mächtige Grundmoränen angetroffen werden, so ist dies zum Theil sicher durch die geringe, hier wirkende Erosion bedingt. Allein es erscheint nicht gestattet, ausschliesslich auf die Unregelmässigkeit der Erosion die Vertheilung der Grundmoränen zurückzuführen. In manchem Thale wie z. B. dem der Iller gibt es sehr mächtige Moränen, obwol dasselbe von einem nicht unbeträchtlichen Flusse durchströmt wird, und diese Mächtigkeit verlangt schon eine Erklärung.

Es existirt nun aber eine nicht zu leugnende Beziehung zwi-

[1]) Alpengebirge. p. 802.

Digitized by Google

schen der Vertheilung der Grundmoränen und dem Glacialphänomen selbst, eine Beziehung, welche sich am deutlichsten kund gibt, wenn wir die Lage der mächtigen Moränenablagerungen ins Auge fassen.

Vor allem muss hervorgehoben werden, dass die Längsthäler mächtigere Grundmoränen bergen als die Querthäler. Dies zeigt sich besonders deutlich im Algäu. Während das grosse Querthal der Iller in der Gegend von Oberstdorf nur wenige, untergeordnete Grundmoränen besitzt, sind dieselben in grosser Mächtigkeit da entwickelt, wo Seitenthäler in dasselbe einmünden. So schneidet die Breitach, bevor sie die Iller erreicht, 40 m tief in eine Grundmoränenterrasse ein. Das bei Maiselstein mündende Längsthal der Bolgenach ist gleichfalls mit mächtigen Grundmoränen erfüllt. Zwischen Hindelang und Sonthofen erscheinen an den Gehängen der Ostrach mächtige Moränen, das Längsthal derselben scheint durch die letzteren ein Stück ausgefüllt gewesen zu sein. Das Thannheimer Thal zwischen Iller und Lech ist jedenfalls mit Grundmoränen ausgekleidet, welche durch jüngeren Schutt theilweise verdeckt sind. Der Vilsbach freilich, welcher dies Thal entwässert, schneidet nirgends merklich in dessen Sohle ein, die Gaicht hingegen, welche sich direkt nach dem Lech ergiesst, hat sich ein tiefes Bett in den Thalboden eingegraben und zeigt, dass derselbe bis zu einer Tiefe von 40 m aus Grundmoränen besteht. Ein ganz ähnliches Verhältniss zeigt sich im Hinterthorenthale, jenem Längsthale, welches vom oberen Loisachbecken zum Lech, von Lermoos nach Ehrenberg führt. Der eine Abfluss desselben, der dem Plansee tributäre Grasbach, fliesst mit geringem Gefälle auf der Sohle des weiten Thales, an dessen Fortbildung er nicht arbeitet. Der andere Abfluss hingegen, die Loisach, schneidet tief in den Thalboden ein, und entblösst bis über 30 m mächtige Grundmoränen. Der in einem Längsthale zum Lech strömende Abfluss des Plansees durchbricht, kurz bevor er das Lechthal erreicht, eine 70 m mächtige Grundmoräne, wol die beträchtlichste des ganzen Gebietes. Das Längsthal der Jachenau vom Walchensee zur Isar ist auch mit Grundmoränen erfüllt, welche am Bachufer oft 20 m hohe Abstürze bilden, und das Aurachthal endlich, solange es zwischen Max-Josephsthal und

Digitized by Google

Aurach der Längsrichtung des Gebirges folgt, ist mit Grundmoränen ausgestattet. Nun aber dienten, wie dargethan, die Längsthäler weit weniger als Betten der Eisbewegung als die Querthäler, und in Rücksicht hierauf kann man die angeführten Thatsachen in Folgendem zusammenfassen: Die mächtigsten Grundmoränen liegen ausser den Hauptwegen der Gletscher.

Sind nun zwar die Längsthäler ausgezeichnet durch sehr ausgedehnte und mächtig entwickelte Grundmoränen, so fehlen diese letzteren doch keineswegs den Querthälern. Sie stellen sich in denselben gern da ein, wo sie sich erweitern. So fehlen im Gebiete des Illergletschers bei Oberstdorf an den Gehängen des Illerthales die Grundmoränen im allgemeinen. Weiter abwärts verbreitet sich das Thal, seine terrassirten Gehänge, besonders die des rechten Ufers, tragen ausgedehnte Moränen, deren Mächtigkeit 30—40 m vielfach übersteigt. Wo sich dann zwischen Rindalphornkette und Grünten das Illerthal verengt, verschwinden diese mächtigen Ablagerungen wieder. Besonderes Licht über diese Verhältnisse wird erhalten, wenn man den Verlauf eines einzigen Gletschers verfolgt. Während im Mittenwalder Passe der Isargletscher nur untergeordnete Grundmoränen hinterliess, lagerte er deren in grosser Ausdehnung nördlich jenes Passes ab, wo er sich fächerförmig nach Ost und West verbreiten konnte. Es finden sich unterhalb Mittenwald an den Gehängen des hier als Querthal verlaufenden Isarthales 30—40 m mächtige Grundmoränen, während solche in dem weiteren Verlaufe des Querthales, besonders in der Enge zwischen Kochel- und Walchensee wieder fehlen. Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, dass die Vertheilung der mächtigen Grundmoränen von der Breite des Gletscherbettes abhängt. Wo sich dasselbe verengt, treten die Moränen zurück, wo es sich erweitert, stellen sie sich an seinen Gehängen ein.

Nun aber finden sich ja gerade auf Pässen nicht selten Grundmoränen. Auch dies entging dem Scharfblicke GÜMBEL's[1]) nicht. Er sagt, dass Ablagerungen von „Hochfluthgeröll", in welchen wir unschwer Grundmoränen erkennen, „sich auf solche Sattel-

[1]) Alpengebirge. p. 803.

punkte beschränken, die zwar hoch über die jetzigen Thalsohlen erhaben, doch meist benachbarte grössere Thäler auf näheren Wegen, als bei der jetzigen Thalrichtung, verbinden". Der Seefelder Pass, das Vorderjoch und der Achenpass sind durch mächtige Grundmoränen ausgezeichnet. Diese Thatsache scheint im Widerspruche mit dem oben gewonnenen Resultate zu stehen, demzufolge gerade auf Passübergängen die Grundmoränen mangeln sollten; denn hier verengt sich ja das Gletscherbett. Allein bei näherer Betrachtung zeigt sich dies in einem anderen Lichte. Auf dem Seefelder Passe erscheinen die Moränen eingeklemmt zwischen einzelne Kuppen und erfüllen die Bodensenkungen zwischen denselben, sie kleiden alte Thalschluchten aus. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der Seefelder Pass im Vergleiche zu dem nördlich vorliegenden Mittenwalder gleichsam als Thalweitung erscheint. Auch am Vorderjoche erscheinen die Grundmoränen zwischen einzelne Felsvorsprünge eingepresst. Desgleichen sind die prächtigen Grundmoränen des Achenpasses in ein enges Thal gequetscht, und dasselbe wiederholt sich an der rothen Falep, an deren Ufern die Moränen eine 70 m hoch ansteigende Terrasse oberhalb der Kaiserklause bilden. Diese eigenartigen an- und eingepressten Moränen entsprechen den Hindernissmoränen E. Collomb's[1]) und der italienischen Glacialisten. Aus ihrem Auftreten erhellt, dass sehr mächtige Grundmoränen in engen Vertiefungen und Schluchten, dieselben ausebnend, auftreten. Diese Thatsache findet sich allenthalben im Gebiete bestätigt.

Es lassen sich also folgende Regeln über die Verbreitung der mächtigen Grundmoränen aufstellen: Dieselben erscheinen vor allem in jenen Längsthälern, welche ausser der Hauptbewegung des Eises liegen, in welchen gewissermaassen eine Stagnation der Gletscherbewegung herrschte; sie finden sich da, wo sich die Gletscherbetten erweitern, wo also die Geschwindigkeit der Eisbewegung sich verringern musste; endlich lagern beträchtliche Grundmoränen eingekeilt in Vertiefungen der Gletscherbetten.

[1]) Sur le terrain erratique des Vosges. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. III. 1845/46. p. 147.

Digitized by Google

Dieser letztere Umstand verdient Beachtung betreffs der von de Mortillet[1]) zuerst hervorgehobenen Abneigung der Gletscher in enge Schluchten vorzudringen. Hier finden sie überall Widerstand, der ihre Bewegung verlangsamt, ja hemmt. Kurz, die mächtigen Grundmoränen finden sich da, wo die Gletscherbewegung eine langsame war oder sehr verlangsamt wurde.

Dahingegen mangeln sie überall, wo die Gletscherbewegung eine rasche war. Sie fehlen im allgemeinen in den Hauptthälern, denen das Eis folgte — ausgenommen natürlich jene Stellen, wo sich diese Hauptthäler beträchtlich verbreitern, oder in Unebenheiten des Bodens derselben. Sie fehlen daher an Stellen, wo sich das Gletscherbett verengte, ohne jedoch gerade schluchtförmig zu werden; mächtige Grundmoränen endlich sind nicht in den obersten Enden jener Thäler vorhanden, welche eigene Gletscher erzeugten. So fehlen sie im Stillachthale oberhalb Oberstdorf, in welchem zweifellos ein Theil des Illergletschers entsprang; ich vermisste sie am Vilseralpsee, im Falzthurnthale. In jenen Thälern musste die Gletscherbewegung eine verhältnissmässig rasche sein. Es besteht also eine innige Beziehung zwischen der Vertheilung der Grundmoränen und der Schnelligkeit der Gletscherbewegung.

Um diese Beziehung weiter zu verfolgen, möge man sich an das erinnern, was oben (p. 37) über den Transport der Grundmoräne unter dem Gletscher gesagt wurde. Theils auf Grund der Analogie mit der Bewegung der Grundmoräne unter den heutigen Gletschern, theils auf Grund ihrer einzelnen Eigenschaften wurde nachzuweisen gesucht, dass die Grundmoräne unter dem Eise fortgewälzt, fortgepresst und fortgeschoben wurde. Zugleich aber wurde hervorgehoben, dass dieses nicht von den sehr mächtigen Vorkommnissen gelten könne, und es wurde darzuthun versucht, dass die mächtigen Grundmoränen unter dem Eise nach und nach angehäuft wurden. Sonach hätten die Gletscher Grundmoränen da angehäuft, wo sie sich langsam be-

[1]) Carte des anciens glaciers du versant meridional des Alpes. Atti Soc. ital. sc. nat. III. 1861. p. 56.

Digitized by Google

wegten, oder wo sich ihre Bewegung verlangsamte, ein Resultat, welches keineswegs besonders überrascht. Fassen wir nun aber die Stellen ins Auge, wo es nicht zur Anhäufung von Moränen kam. Hier wurde die Grundmoräne unablässig von der vorwärtsdrängenden Eismasse vorwärtsgepresst. Fortwährend wurde sie über den Felsgrund hinweggeschleift. Ein solcher Vorgang konnte nicht verfehlen, seine Wirkung auch auf das Gletscherbett auszuüben. Dasselbe musste abgenutzt werden, und das abgenutzte Material, oder wie wir wol sagen können, abgeschliffene, wurde unaufhörlich fortgeschafft. Dass dem wirklich so ist, lehrt die Zusammensetzung der Grundmoräne. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass sie sich zu einem grossen Theile aus dem Materiale ihres Liegenden zusammensetzt, dass sie wirklich wie ein Schleifpulver aussieht. Dies gilt namentlich von minder mächtigen Lagen. Wenn nun aber der Untergrund fortwährend abgenutzt wird, wenn seine Trümmer fortgeschafft werden, dann wird er erodirt. An jenen Stellen also, wo der Gletscher keine Moränen anhäufte, musste er erodiren. Somit lehrt uns auch die Vertheilung der Grundmoränen, dass dieselben dadurch entstanden, dass der Gletscher seinen Untergrund abnutzte. Beachtet man nun ferner, dass gerade nach dem Centrum der Vergletscherung hin, also da wo die Eisbedeckung am längsten gewährt hat, die eckigen und kantigen Bestandtheile in der Grundmoräne sich mehren und mehren, so wird man diesen Umstand nicht anders erklären können, als durch die Annahme, dass durch das unablässig sich bewegende Eis der Untergrund fortwährend abgenutzt wurde.

Die Eismasse der nordtiroler Alpen wirkte also zu gleicher Zeit, aber natürlich an verschiedenen Orten, anhäufend und erodirend. Sie wirkte genau ebenso wie ein Strom, welcher an den ruhigen Stellen seines Laufes Material ablagert, dort jedoch, wo er rasch fliesst, erodirt. Die Grundmoräne eines Gletschers kann man mit dem Gerölle eines Flusses vergleichen. Wo dies letztere angehäuft wird, spricht man von einer anhäufenden, anschwemmenden Thätigkeit des Wassers. Niemand aber zieht daraus, dass ein Fluss Gerölle irgend wo anhäuft, den Schluss, dass die Flüsse nicht erodirten und ein konservirendes

Digitized by Google

Element sind. Jedermann weiss, dass eben jene Gerölle irgend wo losgelöst sind, dass sie die Produkte der erodirenden Thätigkeit des Wassers sind. Ebenso muss man sich gewöhnen, die Grundmoränen, auch da, wo sie angehäuft sind, als Zeugen der Gletschererosion aufzufassen.

Die Wasserläufe der nördlichen Kalkalpen folgen gern der Längserstreckung des Gebirges. Noch sind die Längsthäler die herrschenden, auf die Längsrichtung konzentrirt sich also die Hauptwirkung des Wassers. Die Gletscher dagegen durchquerten das Gebirge. Sie entfalteten ihre erodirende Thätigkeit in den Querthälern, und in den Längsthälern wirkten sie anhäufend. Die Eiszeit bedingte also einen Wechsel in der Richtung der Erosion des Gebietes, sie musste in eigner Weise auf die Thalbildung einwirken. Einem späteren Abschnitte sei vorbehalten, dies weiter zu verfolgen.

Kapitel X.

Die Vergletscherung der bayerischen Hochebene.

Erratische Blöcke. Entwicklung der Gletscher beim Verlassen der Thäler. Unterschied der Vergletscherung der schweizer Ebene und der bayerischen Hochebene. Nachweis der Nordgrenze der Vergletscherung. Verlauf derselben. Ausstülpungen derselben nördlich vom Rhein-, Lech-, Loisach- und Innthale. Einstülpung bei Miesbach. Beziehungen der Ausstülpungen zu den südlich liegenden Thälern. Geschiebeführung der Bogen. Zugehörigkeit derselben zu den Gletschern der Thäler, vor welchen sie liegen. Entwicklung der Gletscher auf der Hochebene. Abhängigkeit ihrer Entwicklung von der Grösse ihres Einzugsgebietes. Unterschied zwischen der Gletscherentfaltung auf der Nord- und Südseite der Alpen ein quantitativer.

Die Vergletscherung der Alpen beschränkte sich nicht allein auf die Thäler des Gebirges, die Eisströme desselben breiteten sich auch an dessem Fusse aus. Die einzelnen Gletscher, welche wir in den vorigen Abschnitten bis an die bayerische Hochebene verfolgten, endeten hier nicht, sondern erstreckten sich gleich denen der Schweiz noch weit über das nordalpine Vorland. Längst schon sind hier erratische Blöcke bekannt. FLURL[1]), welcher die erste geognostische Beschreibung Bayerns lieferte, er-

[1]) Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. München 1792. p. 21. 210.

Digitized by Google

wähnt ihres Vorkommens zu mehreren Malen; EBEL[1]) theilt mit, dass sie über die Ebenen Oesterreichs und Südbayerns zerstreut seien. WEISS, dem eine vorzügliche Beschreibung Oberbayerns zu danken ist, hebt sie mehrfach hervor. Seinem Scharfblicke entging auch nicht der unregelmässige Charakter in der Topographie des nordalpinen Vorlandes; jene Zone, welche wir heute als Moränenlandschaft bezeichnen, wurde von ihm schon sehr trefflich als Zone der aufgeschwemmten Berge beschrieben und scharf gesondert von der nördlich liegenden Tertiärlandschaft, den Kies- und Sandhügeln. WEISS wusste schon, dass beide Landschaften nicht bloss durch ihre topographische Beschaffenheit sich unterscheiden, sondern auch ihrer Zusammensetzung nach verschieden sind. Er hatte bereits erkannt, dass die „aufgeschwemmten Berge" aus alpinem Schutt, untermengt mit grossen erratischen Blöcken bestehen; während solches nicht von den Kies- und Sandhügeln gilt.[2]) SEDGWICK und MURCHISON[3]) berichten, dass sie sich an vielen Stellen längs des nördlichen Abfalles der Alpen finden. Nach SCHMITZ[4]) trifft man solche Findlinge vorzüglich an der Abdachung des schwäbischen Hügellandes bis an den Chiemsee. Dieser Autor hebt ihre technische Bedeutung hervor, und bezeichnet sie als ehrwürdige Denksteine vorgeschichtlicher Erdrevolutionen. GÜMBEL gibt die auffälligsten dieser Findlinge auf seinen prächtigen geologischen Karten der bayerischen Alpen an, und hebt eine gewisse Regelmässigkeit in ihrer Verbreitung hervor.[5]) Dieselbe beschränke sich stets auf das Gebiet vor und zwischen grossen Querspalten des Hochgebirges, „und zwar lagern die Wanderblöcke zunächst am Alpenrande zur Seite solcher Spaltenthäler in ziemlich unregelmässiger Zerstreuung, weiter vom Alpenrande entfernt in regelmässig reihenförmigen N. S. Zügen." Auf Grund dieser Angaben sprach wie bereits erwähnt, DESOR

[1]) Bau der Erde im Alpengebirge. Zürich 1808. Band II. p. 57.

[2]) Süd-Baierns Oberfläche nach ihrer äusseren Gestalt. München 1820. p. 118—126. 134.

[3]) A sketch of the Structure of the eastern Alps. p. 406.

[4]) Ueber das Vorkommen nutzbarer Fossilien in den bayerischen Alpen. Kunst- und Gewerbeblatt des polytechnischen Vereins f. d. Königreich Bayern. XXVIII. 1842. p. 292.

[5]) Alpengebirge. p. 800.

Digitized by Google

stillschweigend von einer Vergletscherung der bayerischen Hochebene.[1]) Allein noch 1872 hob der beste Kenner der Geologie Bayerns den Mangel von Endmoränen in der nordalpinen Hochebene hervor. „Ein dort angestauter See habe den Dienst der Ausebnung und schichtweisen Ablagerung des aus den allmählich ausgefurchten Alpenthälern durch Bäche, Flüsse und Gletscher herabgebrachten ungeheuren Materials in Form wolgeschichteten Diluviums besorgt. Erst im höheren Hügellande zeigen sich hier Spuren von Glacialschutt und moränenartige Geröllanhäufungen, wie im Algäu und im Gebiete des hohen Vorlandes der Peissenberge Zone."[2]) Seitdem hat ZITTEL[3]) den endgültigen Beweis geliefert, dass die bayerische Hochebene vergletschert gewesen ist.

In der That findet sich ununterbrochen auf dem nordalpinen Vorlande eine wahre Fülle der prächtigsten Glacialgebilde. Die einzelnen aus den Thälern der nordtiroler und oberbayerischen Alpen hervorquellenden Eisströme müssen also, nachdem sie im Gebirge bereits vielfach miteinander zusammengetroffen, sich am Fusse desselben auf der Hochebene zu einem einheitlichen Meere von Eis vereinigt haben, das heisst bei ihrem Austritte aus den Alpenthälern breiteten sie sich anfänglich fächerförmig aus, bis sie sich trafen und miteinander verschmolzen. Die bayerische Hochebene ist daher in ähnlicher Weise vergletschert gewesen wie die schweizer Ebene. Das sie bedeckende Eis traf im Westen mit den sich weit ausbreitenden Massen des Rheingletschers zusammen und wurde durch dieselben mit dem der schweizerischen Ebene verbunden. Ein einziges Meer von Eis zog sich also zur Diluvialzeit am Nordfusse der Alpen entlang. Ununterbrochen ist dasselbe von Lyon bis zum Inn zu verfolgen.

War nun auch die bayerische Hochebene in ähnlicher Weise wie die schweizer Ebene vergletschert, so kam es hier doch nicht zu jener eigenthümlichen Komplikation, welche dort durch örtliche Verhältnisse bedingt ist. Während die schweizer Gletscher in

---

[1]) Der Gebirgsbau der Alpen. Wiesbaden 1865.

[2]) Gletschererscheinungen im Etsch- und Innthale. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. Akademie München. 1872. p. 253.

[3]) Ueber Gletschererscheinungen in der bayerischen Hochebene. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. Akademie München. 1874. p. 252.

Digitized by Google

ihrer Ausbreitung durch den Jura beschränkt, gleichsam eingedämmt wurden, konnten sich die oberbayerischen ungehindert vom Gebirge entfernen. Die bedeutendsten Eisströme der Schweiz konnten sich nicht am weitesten von den Alpen erstrecken, sie stiessen gegen den Jura und wurden durch diesen gezwungen, sich in ganz eigenthümlicher Weise zu verbreiten. Der Rhonegletscher konnte sich nicht in gerader Linie von den Alpen entfernen, er glitt an den Gehängen des Jura entlang, zur Hälfte nach Westen in das Rhonethal sich ergiessend, zur Hälfte sich nach Osten wendend. Hier verschmolz er mit den übrigen schweizer Gletschern und erstreckte sich bis in die Gegend von Basel. Weit einfacher gestalten sich die Dinge in Oberbayern. Nichts hemmte hier die Ausdehnung der Gletscher, nachdem sie zu einer einzigen Masse verschmolzen, bewegten sie sich insgesammt nördlich, untereinander parallel, und naturgemässerweise konnten diejenigen Theile dieses Meeres, welche die reichlichsten Zuflüsse genossen, sich am weitesten vorwärts schieben. Das dies wirklich so gewesen, erhellt aus dem Verlaufe der Nordgrenze der Glacialphänomene.

Ausgehend von einer nicht zu leugnenden Beziehung zwischen den ehemaligen Gletschergebieten und der Terrainkonfiguration hat man neuerlich in Süddeutschland mehrfach, sich lediglich auf die Oberflächenbeschaffenheit des Landes stützend, die Grenzen der Vereisung zu bestimmen gesucht. In diesem Sinne verfahren die Arbeiten von PROBST und BACH in Württemberg, und in Bayern die Untersuchungen von STARK und CLESSIN. Allein es liegt a priori auf der Hand, dass solche Untersuchungen stets einseitig sind, und nicht immer zu einem richtigen Ergebnisse führen können. In der That stellte sich bald heraus, dass sowol STARK als auch CLESSIN in unserem Gebiete auf Grund topographischer Studien nicht den vollen Umfang des Moränengebietes kennen gelernt haben. Die Nordgrenze der Vergletscherung muss auf geologischem Wege konstatirt werden; bis dahin, wo sich Grundmoränen mit gekritzten Geschieben finden, haben sich einst die Gletscher verbreitet. Es mussten daher die äussersten Moränenablagerungen einzeln aufgesucht werden, wobei sich herausstellte, dass hier die Topo-

Digitized by Google

graphie keineswegs überall in der gemuthmaassten Abhängigkeit von dem geologischen Baue der Gegend steht. Vielmehr tragen gerade die äussersten Moränenvorposten gar nicht mehr das Gepräge der später zu besprechenden Moränenlandschaft, und werden häufig von jüngeren Gebilden, dem Löss, fast gänzlich verhüllt, sodass ihr Auftreten oft schwer zu konstatiren ist.

Wie bereits erwähnt, verschmolzen im Westen die Gletscher der bayerisch-schwäbischen Hochebene mit jenem gewaltigen Eisstrome, welcher dem Rheinthale entquoll. Die nördliche Gletschergrenze unseres Gebietes schliesst sich daher unmittelbar an die jenes Gletschers an. Schon A. Escher von der Linth[1]) skizzirte dessen Ausdehnung im südlichen Schwaben. Neuere Untersuchungen[2]) haben dessen Verbreitung näher verfolgt; es hat sich herausgestellt, dass die nördliche Grenze des Rheingletschers um den Bodensee einen grossen Bogen beschreibt, welcher bei Schaffhausen beginnt, seinen nördlichsten Punkt zwischen Sigmaringen und Biberach in Württemberg besitzt und sich dann nach der Iller zu zieht. Hier wird diese Linie gewöhnlich abgebrochen. Deutliche Glacialerscheinungen finden sich jedoch noch halbwegs zwischen Kempten und Memmingen, so in der Gegend von Legau an der württembergisch-bayerischen Grenze und bei Grönenbach. Von hier an lassen sich die äussersten Moränenvorposten kontinuirlich in östlicher Richtung verfolgen. Da nun auch in dem Hügellande, welches sich westlich Kempten ausdehnt, allenthalben Gletscherspuren finden, so ist nicht in Frage zu ziehen, dass zwischen dem Nordfusse der Alpen und der Gegend von Grönenbach an den fächerförmig ausgebreiteten Rheingletscher die aus den bayerischen Alpen kommenden Eisströme unmittelbar angrenzten (vgl. Karte).

Von Legau hält die Nordgrenze der Moränen über Grönenbach und Obergünzburg bis nach Kaufbeuern eine östliche Richtung ein, dann jedoch beschreibt sie eine schmale, sich weit

---

[1]) A. a. O. Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt. Zürich 1852.

[2]) Bach: Württemb. naturw. Jahreshefte. XXV. 1869. p. 113—128. Probst: Beitr. zur Topogr. d. Gletscherl. im württemb. Oberschwaben. Württemb. naturw. Jahreshefte. XXX. 1874. p. 40—85. Vergl. auch Blatt Friedingen und Tuttlingen der geolog. Karte von Württemberg.

Digitized by Google

nach Norden richtende Ausstülpung. Durch Gümbel[1]) sind schon Grundmoränen in dem grossen Eisenbahneinschnitte von Raming zwischen Buchloe und Mindelheim nahezu 20 km nördlich Kaufbeuern aufgefunden worden, und im Laufe dieses Jahres fand ich selbst noch in der Nähe von Türkheim die typischten Gletscherspuren. Bei Buchloe und Waal hingegen mangeln dergleichen, und im Lechthale treten Moränen erst wenig nördlich Schongau auf, sodass wir es hier mit einer schmalen, im Wertachthale nordwärts vordringenden Zunge des Moränengebietes zu thun haben.

Jenseits des Lechs beginnt nun eine zweite Ausbiegung der Moränen nach Norden. Bis unterhalb Landsberg lagern am rechten Ufer dieses Flusses Moränen, während sie am linken fehlen; von Landsberg aus beschreiben sie um den Ammersee einen ähnlichen Bogen, wie um den Bodensee. Derselbe erstreckt sich bis über die Eisenbahn von München nach Augsburg in das Quellgebiet der Glon, verläuft also um volle 14 km weiter nördlicher als die von Clessin beschriebene äussere Moränengrenze; dann biegt er wieder nach Süd um und zieht sich in gerader Richtung fast bis zum Würmsee. Das Nordende dieses Sees wird aber noch von Moränen umspannt. Von hier an richtet sich die Nordgrenze der letzteren nach Südosten, sie zieht sich zur Isar, welche sie bei dem stattlichen Kloster Schäftlarn überschreitet, und hält die genannte Richtung bis zum Eisenbahnknotenpunkte Holzkirchen ein. Von hier zieht sie sich direkt nach Süden und erreicht die Mangfall dicht unterhalb des Tegernsees nahe dem Fusse des Gebirges. Zwischen diesem Punkte und der Schlierach bei Miesbach treten nur ganz sporadische Moränen auf, welche die Grenze der Vergletscherung nicht mit Genauigkeit verfolgen lassen. Jedenfalls erreichte dieselbe den Taubenberg nicht. Derselbe liegt ausserhalb des Gletschergebietes, wenn er auch sich zwischen zwei weit ausgedehnten Eisströmen erhebt; denn von Miesbach an stellen sich am rechten Ufer der Mangfall zusammenhängende Glacialgebilde ein, welche sich in gerader Linie nordwärts über Egmating, Zornolding und Schwaben bis in die Gegend von Erding verfolgen lassen. Von hier zieht sich die

[1]) Die geognostische Durchforschung Bayerns. Festrede d. Akad. München. 1877. p. 72.

Digitized by Google

Nordgrenze der Moränen über Isen, Wolfgang und Jettenbach bis dicht oberhalb Kraiburg, eine östliche Richtung innehaltend. Nun wendet sie sich wieder südwärts, und verfolgt ungefähr den Weg, welchen Stark auf seiner mehrfach erwähnten Karte angegeben hat. Es beschreiben also die Moränen auch einen grossen Bogen um den Austritt des Inns aus den Alpen, wie es bereits von Stark angegeben wurde, wenn auch sie sich weit nördlicher erstrecken, als dieser treffliche Topograph vermuthete; denn erst beim Flecken Kraiburg tritt der Inn aus dem Moränengebiete heraus.

Die Nordgrenze der Glacialphänomene auf der schwäbisch-bayerischen Hochebene beschreibt also eine Wellenlinie, welche sich in einiger Entfernung vom Saume der Alpen hält, und sich demselben nur bei Miesbach, zwischen Mangfall und Schlierach, sehr nähert. Diese Linie zeigt in ihrem Verlaufe keine auffällige Abhängigkeit von der Orographie der Hochebene. Nur ihre kleineren Ausbuchtungen werden durch Thäler der letzteren bedingt, und erstrecken sich nordwärts in dieselben, wie zwischen Iller und Lech. Ihre grossen vier bogenförmigen Ausstülpungen nach Nord hingegen befinden sich genau gegenüber den Hauptthälern der Alpen und erscheinen somit durch die Orographie ihres Hinterlandes bedingt. Die westlichste derselben umzieht das Rheinthal, die zweite erstreckt sich nördlich des Lechaustrittes aus dem Gebirge im heutigen Wertachthale, die dritte liegt genau im Norden der Pforte des Loisachthales, durch die der Isargletscher seiner Hauptmasse nach aus dem Gebirge entströmte, die vierte östlichste endlich erreicht ihr Maximum nördlich des Innaustrittes. Weist die Lage dieser bogenförmigen Ausstülpungen schon auf die Zugehörigkeit zu den grössten Eisströmen des Gebietes, so geschieht dies in erhöhterem Maasse noch durch die Geschiebeführung ihres Bereiches. Ungemein reichliche Urgebirgsfindlinge charakterisiren den Moränenbogen nördlich des Innaustrittes. Sobald man dieses Gebiet verlässt und im Westen den Bogen betritt, welcher sich nördlich des Loisachaustrittes ausdehnt, nehmen diese Geschiebe an Zahl sichtlich ab. Sie bilden zwar noch einen sehr charakteristischen, aber doch nur untergeordneten Gemengtheil der Moränen. Neben dieser quantitativen Veränderung lässt sich auch eine qualitative bemerken.

Digitized by Google

Im Gebiete des Innbogens kommen vorzugsweise Quarzite, Phyllite, Glimmerschiefer, ferner rothe Sandsteine vor. Das sind die Gesteine des unteren Innthales. Im Bereich des Isarbogen fehlen diese Gebirgsarten aber fast gänzlich. Hier herrschen Hornblendegesteine, daneben finden sich Granite des Engadin und von dort stammende Dioritvarietäten. Man hat es hier ausschliesslich mit Abkömmlingen des oberen Innthales und seiner Nebenthäler zu thun. Natürlich fehlen diese auch nicht in den Moränen des Innbogens. Während man es aber dort mit einer bunten Musterkarte aller Gesteine der Centralkette zu thun hat, wie die Aufschlüsse bei Rosenheim und Wasserburg lehren, hat man im Isarbogen nur eine beschränkte Auswahl derselben.

Zwischen den beiden grossen Ausstülpungen des Moränengebietes nördlich des Inn- und Loisachaustrittes erstreckt sich eine ziemlich breite Zone, in welcher die Moränengrenze eine beträchtliche Einbuchtung nach Süden aufweist, und wie bereits erwähnt, beinahe den Fuss des Gebirges erreicht. Bemerkenswerther Weise nimmt jedoch diese Einbiegung nicht genau die Mitte zwischen den beiden erwähnten Bögen ein. Sie legt sich unmittelbar an den Innbogen an, und lässt zwischen sich und dem Loisachbogen einen ziemlich breiten Raum, auf welchem sich das Glacialphänomen in dem Maasse weiter nördlich vorschiebt, als man westwärts wandert. Man befindet sich hier nördlich des Isar- und Kochelsee-Walchensee Thales, aus welchen während der Eiszeit beträchtliche Arme des Isargletschers hervorquollen. In der That verräth die Geschiebeführung der dortigen Moränen, dass man sich im Bereiche des Isargletschers befindet. Von den drei Hauptarmen, in welchen dieser Eisstrom also die Hochebene erreichte, schob sich der des Loisachthales am weitesten nordwärts, weniger weit erstreckte sich der des Kochelsee-Walchenseethales, und am wenigsten drang der des Isarthales nordwärts vor. Derselbe verbreitete sich jedoch auch nach Osten, wie aus der Geschiebeführung und der später zu besprechenden Anordnung der Endmoränen im Gebiete nördlich des Tegernsees erhellt. Die Ausstülpung nördlich vom Loisachthale erscheint somit nur als ein Theil der Begrenzung des Isargletschers, des grossen Isarbogens, und die geschilderte Einbuchtung ist also die Grenze zwischen

Digitized by Google

Inn- und Isargletscher; die schmale Zone von Moränen hingegen, welche beide in der Gegend von Miesbach verknüpft, zeichnet sich gegenüber den Ablagerungen der beiden grossen Nachbareisströme durch ihre grosse Armuth an Urgebirgsgeschieben aus und charakterisirt sich dadurch als das Gebiet des vom Schliersee kommenden Gletschers. Derselbe erstreckte sich von allen Eisströmen Oberbayerns am wenigsten weit nach Norden, und kann demnach nur eine sehr geringe Masse repräsentirt haben. Dieses Resultat harmonirt bestens mit dem Umstande, dass der Schlierseegletscher keine direkten Zuflüsse vom Inn aus über den Spitzingpass (vergl. p. 57) erhielt und nur ein sehr kleines Einzugsgebiet besass.

In den Moränen westlich des grossen Isarbogens fehlen die Urgebirgsgeschiebe fast gänzlich. Man erkennt, dass man sich nicht mehr im Gebiete des Isargletschers befindet, dem ja Zweige des Inngletscher Urgebirgsgeschiebe zuführten. Man hat die Ausstülpung nördlich des Lechaustrittes, das Bereich des Lechgletschers betreten, und es dürfte späteren Untersuchungen wol gelingen, auf Grund der Urgebirgsgeschiebe das Gebiet des Isargletschers von dem des Lechgletschers mit grosser Schärfe zu trennen. Eine vom Hohen Bleich sich über Steingaden nach Schwabbruck ziehende Linie dürfte die Grenze darstellen.

Weiter westlich, in dem Gebiete, welches sich zwischen dem Lech- und Rheinbogen erstreckt, welches also als zum Illergletscher gehörig erachtet werden muss, finden sich allerdings wieder krystallinische Geschiebe, deren Auftreten insofern überraschen könnte, als man sich im Bereiche eines Gletschers befindet, der nicht aus den Centralalpen kam. Allein es ist wol zu beachten, dass der Flysch des Algäus Urgebirgsblöcke enthält, dass ferner Gerölle dieser Gesteine in der bunten Molasse der algäuer Vorberge auftreten und reichlichst in den miocänen Konglomeraten der Berge westlich Kempten vorhanden sind. Die fraglichen Urgebirgsgeschiebe dürften daher nicht direkt aus den Centralalpen herzuleiten sein, sondern wol auf mindestens tertiärer Lagerstätte sich befinden. Es wird wol möglich sein, später die vom Lech- und Illergletscher übereisten Gebiete auseinanderzuhalten, wenn man die Verbreitung der Schrattenkalkgeschiebe des Illergletschers genau verfolgt. Hier ist wieder ein Gebiet für Spezialuntersuchungen.

Genau an der Stelle endlich, wo sich am Westufer der Iller bei Legau die Moränenlinie wieder nordwärts biegt, treten reichlichst Urgebirgsgeschiebe auf. Es sind Findlinge aus dem Rheinthale. Es beginnt die Domäne des Rheingletschers, welchem der grosse den Bodensee umschliessende Bogen angehört. Das Bergland westlich Kempten bildet eine scharf hervortretende Grenze zwischen dem Rhein- und Illergletscher.

Die Geschiebeführung der vier grossen Ausstülpungen des Moränengebietes in Südbayern bestätigt die aus der Lage derselben geschöpfte Vermuthung, dass sie den Eisströmen des Gebietes angehören, welche sich genau südlich von ihnen auf die Hochebene ergossen, und nunmehr erscheint es gestattet, aus dem Verlaufe der nördlichen Grenze, bis zu welcher die einzelnen Eisströme vordrangen, Rückschlüsse auf diese selbst zu machen.

Zunächst sehen wir, wie im Westen des Gebietes Rhein-, Iller- und Lechgletscher sich insgesammt weit auf das alpine Vorland erstreckten. Sie müssen unter einander parallel nordwärts vorgeschritten sein. Solches erweist auch die Richtung der Gletscherschliffe, welche im Iller- und Lechgebiete allgemein eine nördliche ist. Rhein- und Lechgletscher drangen jedoch bedeutend weiter nördlich vor, als der von ihnen eingeengte Illergletscher. Rhein- und Lechthal sind aber auch weit grösser als das Illerthal und konnten beträchtlichere Eisströme nähren.

Während der Isargletscher sich im Westen an den Lechgletscher anlegt und mit demselben parallel sich nordwärts bewegte, zeigt er im Osten eine andere Entwicklung. Nicht nur erstreckt er sich minder weit nach Norden, sondern breitet sich auch nach Osten aus, und schiebt sich sogar bis vor das Tegernseer Thal, in welchem zur Eiszeit ein wenn auch unbedeutender Gletscher lagerte. Der Isargletscher breitete sich im Osten also fächerförmig aus und legte sich selbst vor Thäler, welche gar nicht in sein Bereich gehörten. Dasselbe gilt vom Inngletscher. Wie der Isargletscher sich vor dem Tegernseer Thal ausbreitet, legt sich der Inngletscher vor das Leitzachthal, und der bogenförmige Verlauf seiner Grenzen lässt nicht zweifeln, dass er sich allseitig fächerförmig verbreitete.

Somit scheint ein wesentlicher Unterschied in der Entwicklung des Glacialphänomens im Westen und Osten unseres Gebietes zu

Digitized by Google

liegen. Doch derselbe ist geringer, als auf den ersten Anblick wol vorkommt. Denn dass Inn- und Isargletscher an den zugewandten Seiten sich fächerförmig ausbreiteten, kann nur die Folge des Umstandes sein, dass zwischen ihnen keine beträchtlichen Eisströme aus den Thälern des Tegernsee, Schliersee und der Leitzach entsprangen, und sie in ihrer seitlichen Entwicklung hinderten. Wäre solches der Fall gewesen, so wäre das Ostende des Isargletschers weiter nach Nord gedrängt worden.

Die einzelnen Gletscher also, welche die bayerische Hochebene erreichten, verbreiteten sich nicht in gleichem Maasse über dieselbe. Die einen schoben sich nicht nur ein kleines Stück vorwärts, die anderen hingegen dehnten sich weit aus. Alle aber breiteten sich beim Austritte aus dem Gebirge fächerförmig aus. Wo nun ein kräftiger Eisstrom neben einem schwächeren sich ausdehnte, konnte es geschehen, dass er sich bis vor den letzteren fächerförmig ausbreitete und sich denselben gleichsam tributär machte. Eine solche Ausbreitung zeigt die Ostseite des Isargletschers sowie der Inngletscher. Wo aber ungefähr gleich grosse Eisströme neben einander die Hochebene erreichten, engte der eine den andern ein und machte eine fächerförmige Ausbreitung nach der Seite hin unmöglich. In diesem Falle schoben sich die Gletscher neben einander, also parallel vorwärts. So war es zwischen Rhein-, Iller-, Lech- und Isargletscher. Es hängt daher die Entfaltung der Gletscher auf der Hochebene von ihrer Grösse ab. Diese letztere aber steht in engster Abhängigkeit von der Grösse des Einzugsgebietes der einzelnen Gletscher. Rhein- und Inngletscher breiteten sich mächtig aus, sie entstammen aus den grössten Alpenthälern. Der Isargletscher erlangte eine bedeutende Entwicklung, da er ausser durch die Eismassen seines Gebietes auch durch den Inngletscher genährt wurde. Nördlich der Stelle, wo er seine Hauptmasse auf die Hochebene ergoss, drang er auf derselben am weitesten vor. Minder grossartig entfalteten sich Lech- und Illergletscher, entsprechend der geringeren Grösse ihrer Stammthäler und des mangelnden Zuflusses aus den Centralalpen. In ihrer Entwicklung auf der Hochebene spiegelt sich genau die verschiedene Grösse ihrer Thäler, der Lechgletscher breitete sich weit mehr aus als der des Illerthales. Am un-

Digitized by Google

bedeutendsten waren die Gletscher des Leitzach-, Schliersee- und Tegernseer Thales, welche nur ganz unbeträchtlich durch Zweige des Inngletschers vermehrt wurden und über ein geringes und sich nicht besonders hoch erhebendes Einzugsgebiet verfügen. Es ergibt sich also für die diluvialen Gletscher dasselbe Gesetz, welches die Verbreitung der heutigen beherrscht. Wie heute die Gletscher, welche das grösste Einzugsgebiet besitzen, sich auch am tiefsten herabsenken, so entfernten sich diejenigen Eisströme Südbayerns, welche die grösste Summe von Zuflüssen in sich ansammeln, am weitesten vom Gebirge.

Zwischen der Entwicklung des Glacialphänomens am Nord- und Südfusse der Alpen besteht ein oft schon hervorgehobener Unterschied. Während sich am Nordabhange ein ununterbrochenes Meer von Eis ausbreitete, schoben sich die Gletscher des südlichen Abfalles ein Stück zwar in die Poebene hinein, aber berührten sich nicht gegenseitig. Stoppani[1]) und Desor[2]) haben auf dies verschiedene Verhalten mehrfach aufmerksam gemacht. Sie haben dasselbe durch die Annahme zu erklären gesucht, dass die Eisströme des Pogebietes sich in ein Meer schoben, während sich die des Nordabfalles auf trockenem Lande ausbreiten sollten. In der That, wenn man die Ausdehnung der Gletscher in der schweizer Ebene mit derjenigen der Eisströme in Oberitalien vergleicht, wird man einen scharfen Gegensatz erkennen. Allein derselbe wird sich sehr mindern, wenn man anstatt der schweizer Gletscher die oberbayerischen ins Auge fasst, wo der Jura fehlt, gegen den sich die Eismassen stauten. Auch hier kann man mit Desor fragen: „Was hat die Gletscher gehindert, sich weiter auszudehnen, welches Hinderniss hielt sie in bestimmten Grenzen?“ Die Antwort hierauf kann nur lauten: Das alpine Vorland war nicht geeignet zur Erzeugung eigner Gletscher und somit auch nicht passend für Erhaltung fremder Gletscher. Selbst während der Eiszeit herrschte hier eine Temperatur, welche die Gletscher

---

[1]) Il mare glaciale a' piedi delle Alpi. Ricordo Congresso Roma. Revista ital. aug. 1874. — Sui rapporte del terreno glaciale col pliocenico nei dintorni di Como. Atti Soc. ital. sc. nat. XVIII. 2. 1875.

[2]) Le paysage morainique, son origine glaciaire et ses rapports avec les formations pliocènes d'Italie. 1875.

Digitized by Google

der Alpen schmelzen machte. Je bedeutender nun die Eismassen waren, welche aus den Alpen hervorquollen, desto weiter konnten sich dieselben, wie oben auseinandergesetzt, auf der Hochebene ausbreiten. Erhöhte sich aber hier die mittlere Jahrestemperatur, so wurden der Eisverbreitung engere Grenzen gezogen. Die kleineren Gletscher, wie die des Tegernsee- und Schlierseethales erreichten die Hochebene nicht mehr, Inn- und Isargletscher hingen nicht mehr zusammen. Ihre Moränenbogen schlossen sich an das Gebirge an und die Moränenbogen Oberitaliens sind fertig. Der Unterschied zwischen der Eisverbreitung auf der Nord- und Südseite der Alpen ist nur ein quantitativer, bedingt durch die Verschiedenheit der Temperatur der Gebiete, wie bereits RÜTIMEYER[1]) so trefflich auseinander gesetzt hat. Wie heute die Temperatur des nördlichen und südlichen Vorlandes der Alpen verschieden sind, waren sie es auch zur Diluvialzeit. Dies kann heute durchaus nicht wunderbar erscheinen in Anbetracht ihrer verschiedenen geographischen Breite und sehr verschiedenen Höhenlage. Würde doch eine Erhebung der Poebene in das Niveau des nordalpinen Vorlandes deren Temperatur schon um 2—3° C. sinken lassen, und würde ihre Versetzung in die Breite Oberbayerns eine weitere Erniedrigung von mehr als 1° C. bedingen. Waren nun schon zur Diluvialzeit grosse Temperaturunterschiede zwischen beiden Gebieten vorhanden, so dürfte auch schon damals die Verschiedenheit ihrer Niveaus ausgeprägt gewesen sein.

Macht sich also ein beträchtlicher Unterschied in der Entwicklung des Glacialphänomens auf der Nord- und Südseite der Alpen geltend, so ist auch die Entfaltung des Eises auf jeder der beiden Seiten nicht überall dieselbe. Mit grosser Deutlichkeit tritt hervor, dass das Glacialphänomen im Westen stärker ausgeprägt ist als im Osten. Der Gletscher des Rhône- und Isère-Thales breitet sich ungleich weiter auf dem alpinen Vorlande, sowol in der schweizer Ebene als auch in dem Lyoner Becken aus, als der weiter östlich gelegene Rheingletscher, und der Inngletscher bedeckte auf der bayerischen Hochebene ein geringeres Areal als der Rheingletscher am Fusse der Alpen, obwol er das

---

[1]) Eiszeit und Pliocen auf beiden Seiten der Alpen. Basel 1876.

Digitized by Google

grösste Einzugsgebiet besitzt. Dies ist um so auffälliger, als der Inngletscher gerade die höchsten Partien des nordalpinen Vorlandes bedeckte, während der Rhônegletscher die tiefsten Partien desselben einnahm. Der Inngletscher war über eine 500 m hohe Fläche gebreitet, der westliche Arm des Rhônegletschers über ein sich nur 200 m erhebendes Hügelland. Mit anderen Worten, die Entfaltung der Gletscher am Nordflusse der Alpen nimmt von West nach Ost ab, obwol in dieser Richtung die Einzugsgebiete der einzelnen Eisströme an Grösse, sowie die Bezirke, über welche sie sich verbreiteten, an Erhebung über den Meeresspiegel zunehmen. Man könnte diese Thatsache vielleicht dadurch erklären wollen, dass der Rhônegletscher von den höchsten Theilen der Alpen herabstieg; allein der Inngletscher entsprang in nur wenig tiefer gelegenen Partien, und sein Quellgebiet, das Engadin, die Oetz- und Zillerthaler Alpen liegen kaum niederer als die Ursprungsorte des Rheingletschers, und dennoch entfaltet er sich weniger ausgedehnt auf der Hochebene als der letztere. Andere Ursachen dürften daher dieses Verhältniss bedingt haben.

Seit langem ist bekannt, dass in der Schweiz die Gletscher im allgemeinen grossartiger entfaltet sind als in den tiroler Alpen. Es liegt in der Schweiz die Firnlinie tiefer als in Tirol, die schweizer Gletscher steigen tiefer herab als die tiroler, und senken sich in eine bedeutend wärmere Zone, als die letzteren. Die heutigen Gletscher der Schweiz und des Innthales zeigen also ganz dieselbe verschiedene Entwicklung wie die eiszeitlichen. Ganz dasselbe aber ergibt sich auch, wenn man das heutige und das diluviale Glacialphänomen auf beiden Seiten der Alpen vergleicht; wie heute am Südabfalle der Alpen die Gletscher weniger entwickelt sind als auf der Nordseite, so war es zur Diluvialzeit auch. Die Entwicklung der diluvialen Gletscher erscheint somit nur als eine Potenzirung der heutigen, und dieselben Ursachen, welche heute eine verschiedene Entwicklung der Gletscher auf beiden Seiten des Gebirges, welche eine stärkere Entfaltung der westlichen als der östlichen Gletscher bedingten, erzeugten also auch eine verschiedene Intensität der Vergletscherung in den einzelnen Theilen des Gebirges.

Wenn wir heute in der verschiedenen Temperatur einzelner

Digitized by Google

Theile des Gebirges, in der verschiedenartigen Vertheilung der Niederschlagsmengen den Grund für die verschiedene Entwicklung der Gletscher suchen, so müssen wir in diesen Faktoren auch die Ursachen der verschiedenen Intensität der Vergletscherung einzelner Theile der Alpen suchen. Die Alpen sind also während der Diluvialzeit in einzelnen Partien verschieden durch Niederschlagsmengen und Temperatur begünstigt gewesen, und zwar in derselben Weise, wie es heute der Fall ist. Dies lässt muthmaassen, dass die Alpen einerseits in ihrer heutigen Gestalt mit ihrer heutigen Umgebung vorhanden waren, dass andererseits ein fremder, äusserer Eingriff, welchem alle Theile des Gebirges gleichmässig unterworfen waren, die enorme Entwicklung der Gletscher während der Eiszeit bedingte.

Kapitel XI.

Beziehungen zwischen Bodengestaltung u. Gletscherverbreitung auf der bayerischen Hochebene.

Zusammenhang zwischen Topographie und geologischem Bau auf der Hochebene. Die Endmoränen. Breite, Höhe, Verlauf derselben. Längsmoränen. Moränenlandschaft. Zusammensetzung und Entstehung der Endmoränen. Erratische Blöcke. Moränenschutt. Schichtenstörungen. Staumoränen. Aeussere Grenze der Endmoränen. Innere Grenze derselben. Individualisirung der Gletschergebiete. Centrale Depression. Gestalt derselben. Unterscheidung dreier Zonen im Moränengebiete. Gletscheramphitheater. Verschiedenheiten in der Entwicklung des Glacialphänomens auf beiden Seiten der Alpen. Endmoränen der Diluvialzeit allgemein aus Grundmoränen gebildet. Die Endmoränen sind in Pausen des Gletscherrückzuges gebildet. Gletscherrückzug in den Alpen allgemein etappenförmig. Auflösung der Vergletscherung der Hochebene in einzelne Gletscher.

Zwischen der Entwicklung des Glacialphänomens in den Alpen und auf dem alpinen Vorlande besteht ein bemerkenswerther Unterschied. Im Gebirge treten die glacialen Bildungen fast gänzlich gegen ihre grossartige Umgebung zurück, auf der Hochebene dominiren sie, und während im Gebirge die bereits gegebenen topographischen Verhältnisse den Gletschern die Wege zeigten, bekundet umgekehrt die jetzige Topographie des alpinen Vorlandes eine wesentliche Beeinflussung durch das Glacialphänomen.

Digitized by Google

Der Raum, welchen die Gletscher auf dem alpinen Vorlande einnahmen, zeigt einen ganz bestimmten geologischen Bau. Nach einer klar ausgesprochenen Regel sind die Moränen vertheilt, und wie der Bezirk jedes einzelnen Gletschers charakterisirt ist durch seine Geschiebeführung und durch seine Begrenzung gegen Norden, so erweist auch seine Oberflächenkonfiguration seine Individualität.

Die Hochebene erscheint im Grossen und Ganzen als ein Ablagerungsgebiet des Moränenmateriales, aber es ist keineswegs anzunehmen, dass dasselbe überall in gleicher Weise und in gleicher Mächtigkeit angehäuft sei. Die beträchtlichste Ansammlung von glacialem Schutte zeigen die peripherischen Theile des Moränengebietes. Dieselben werden durch das Auftreten von Endmoränen, welche im Gebirge, wie erwähnt, fehlen, charakterisirt.

Die Endmoränen Oberbayerns erscheinen als langgedehnte, höchst unregelmässig konturirte Hügelzüge, deren Längsaxe parallel der äussersten Gletschergrenze verläuft. Die Höhe dieser wallartigen Hügel ist sehr schwankend; sie steigen stellenweise 40—50 m hoch an, im Mittel sind sie jedoch nur 20—30 m hoch. Auch ihre Breite ist variabel. Dieselbe beträgt in der Regel ungefähr 0,5 km. Häufig ist ein Hauptwall aus mehreren dicht aneinandergelagerten Hügeln zusammengesetzt, und zeigt dann mehrere parallele Kämme. Die einzelnen Hauptwälle lassen sich meist auf ziemlich grosse Entfernungen verfolgen; sie sind durch mehr oder minder breite Zonen verhältnissmässig ebenen Landes der Regel nach von einander getrennt, bisweilen aber treten zwei benachbarte Hügelzüge dicht nebeneinander und verschmelzen sogar.

So zeigt im Grossen und Ganzen die äussere Moränengrenze einen ziemlich einfachen Bau. Sie wird von untereinander parallel verlaufenden Hügelzügen zusammengesetzt, welche um den Punkt, in welchem der betreffende Gletscher das Gebirge verliess, konzentrische Bogen beschreiben. Auf diese Weise erweist der Verlauf der Endmoränen die Zugehörigkeit irgend eines Theiles des Moränengebietes zu einem bestimmten Eisstrome. Man sieht z. B. in dem Gebiet nördlich vom Tegernsee bis nach Holzkirchen hin die Moränen derart angeordnet, dass sie um das bei Tölz auf die Hochebene mündende Isarthal koncentrische Bogen beschreiben. Von dort aus wurde also jenes Gebiet vergletschert, und nicht

Digitized by Google

vom Tegernseer Thale her. In gleicher Weise bekundet der Verlauf der Endmoränen östlich von Miesbach, dass es der Inngletscher war, welcher sich bis dahin ausbreitete, und dass sich derselbe quer vor das Leitzachthal legte.

Wo zwei benachbarte Gletscher zusammentreffen, vereinigen sich auch ihre äusserste Endmoränen zu einem Zuge, welcher der Nordgrenze des Glacialgebietes ungefähr parallel läuft. Die mehr nach innen gelegenen Moränen hingegen zeigen an der Berührungsstelle zweier Eisströme eine spitze Einbiegung nach Süden, welche um so tiefer ist, je weiter nach innen der betreffende Moränenzug liegt. Die innersten Endmoränen an den angrenzenden Seiten zweier Gletschergebiete verlaufen sogar fast parallel von Süd nach Nord. Sie gewinnen so die Lage von Seitenmoränen, sind aber in der That echte Endmoränen. Man kann sie mit MÜHLBERG[1]) als Längsmoränen besonders bezeichnen. Es individualisiren sich auf diese Weise die Gebiete der einzelnen Gletscher und so ergiebt sich, dass während des Rückzuges der Vergletscherung die Eismasse am Fusse der bayerischen Alpen in einzelne Gletscherzungen zerlegt wurde, welche sich vom Ausgange der Hauptthäler nordwärts erstreckten. Alle die erwähnten Verhältnisse sind am deutlichsten im Bereiche des grossen Isargletschers ausgeprägt, besonders in der Gegend zwischen Würm- und Ammersee an der Grenze der beiden aus dem Loisachthale und aus dem Kochelseethale kommenden Gletscherarme, während sie minder deutlich weiter westwärts zwischen Isar-, Lech- und Illergletscher auftreten, wo die Bodenkonfiguration vorzüglich durch Molassenrücken bedingt ist.

Herrscht also in grossen Zügen eine gewisse Regelmässigkeit in dem Aufbau der Randbezirke der Vergletscherung, so zeigt dieselbe im Kleinen eine ganz ausserordentlich verwickelte Zusammensetzung. Es ist bereits erwähnt, wie ungemein wechselnd die Höhe und Breite eines einzelnen Hauptmoränenwalles ist. Derselbe erscheint aus einer Menge kleiner einzelner Wälle zusammengesetzt, welche bald nahe aneinander herantreten, sodass sie sich unmittelbar berühren, bald hingegen sich wieder entfernen. Aber

[1]) Ueber die erratischen Bildungen im Aargau. 1869. p. 103.

Digitized by Google

auch die Hauptwälle wechseln ihre Entfernung, und zwischen den einzelnen Hügelzügen finden sich bald enge Schluchten, bald abflusslose Becken, die einen kleinen See oder ein Moos beherbergen. So entsteht ein ausserordentlich verwickeltes Bodenrelief, welches DESOR[1]) treffend mit dem Namen Moränenlandschaft belegt hat. ZITTEL[2]) hat die Moränenlandschaft Oberbayerns bereits in lebendigen Worten geschildert, nachdem schon früher WEISS dieselbe scharf charakterisirt hat. WEISS[3]) sagt, dass die Hügel dieses Gebietes „regellos als Produkte zufälliger Wasserwirbel dastehen." Die Moränenlandschaft also besteht aus dicht aneinandergehäuften Endmoränen, keineswegs ist sie eine der „Erscheinungen, welche zur Grundmoräne eines früheren mächtigen Gletschers gehören", wie LÜDDECKE[4]) behauptet.

Die Zusammensetzung der Endmoränen scheint alle die wechselnden Verhältnisse ihrer Lage zu spiegeln. Auch hier zeigt sich im Grossen und Ganzen eine grosse Regelmässigkeit; die Endmoränen Südbayerns entnehmen nämlich ihr Material sammt und sonders der Grundmoräne; aber in den Einzelheiten gibt sich auch hier ein, wie es scheint, unerschöpflicher Wechsel zu erkennen.

In sehr vielen Fällen ist das Material der Endmoräne kaum zu unterscheiden von dem der Grundmoräne. Sie besteht aus demselben zähen blauen Lehme, aus denselben gekritzten Geschieben, welche im ersteren wirr und regellos vertheilt sind. Es sind dann fast ausschliesslich die orographischen Verhältnisse der Ablagerung, welche dieselbe als Endmoräne charakterisiren, allerdings sind in solchen Anhäufungen geschichtete Einlagerungen meist häufiger als in normalen Grundmoränen.

Wenn man sich die Bildung so zusammengesetzter Moränenwälle vorstellen will, muss man sich vergegenwärtigen, welche Rolle die Grundmoräne unter dem Gletscher spielt, wie sie unter demselben unablässig fortbewegt wird. Natürlich muss sich

---

[1]) Die Moränenlandschaft. Verhandl. d. schwz. naturf. Gesellsch. LVI. 1872/73. Schaffhausen. p. 121. Sowie: Le Paysage Morainique. 1875.

[2]) Ueber Gletschererscheinungen in der bayerischen Hochebene. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. Akademie München. 1874. 3. p. 258.

[3]) Süd-Baierns Oberfläche. München 1820. p. 119.

[4]) Ueber Moränenseen. Halle 1881. p. 23.

Digitized by Google

am unteren Gletscherende das Moränenmaterial ansammeln und schliesslich zu einem Walle aufstauen. Dieser Wall wird die Lage einer Endmoräne besitzen, wenngleich er sich von den Endmoränen der heutigen Gletscher durch die Beschaffenheit seines Materiales unterscheiden wird. Diese letzteren bestehen der Regel nach aus dem eckigen Gesteinsschutte und den Felstrümmern der Oberflächenmoräne. Er hingegen setzt sich aus dem zähen Lehme und den gerundeten, gekritzten und geschrammten Geschieben der Grundmoräne zusammen.

Ein vorwärts schreitender Gletscher wird begreiflicherweise an seinem unteren Ende nur höchst selten die Grundmoräne zu einem Walle anstauen, und thut er dies, so wird er doch bald sich über diesen Wall hinwegschieben und ihn bedecken. Auch ein rasch rückwärtsgehender Gletscher kann keinen solchen Hügel erzeugen. Er wird über der Grundmoräne abschmelzen. Nur ein stationär bleibender Gletscher vermag an seinem unteren Ende die Grundmoräne nach und nach zu einem Walle aufzustauen. Die geschilderten Endmoränen sind also die Zeugen von einem Stillstand in der Bewegung des Gletscherendes.

Von ganz abweichender Beschaffenheit ist nun ein anderer, extremer Typus der oberbayerischen Endmoränen. In diesem Falle bestehen die letzteren nämlich fast ausschliesslich aus geschichtetem Gerölle und Sand, welche unter einem Winkel von 10—20° von dem Gletschergebiete nach aussen abfallen. Gekritzte Geschiebe mangeln fast nirgends, ebensowenig Einlagerungen feinen Sandes und von Bänderthon. So zusammengesetzte Moränenwälle treten besonders an der westlichen Begrenzung des Isargletschers in der Gegend von Landsberg auf. Ueberall steht hier die Fallrichtung des Schottermateriales senkrecht auf den Verlauf der Nordgrenze des Moränengebietes, und da diese selbst einen Bogen beschreibt, so besitzen die Fallrichtungen eine radiäre Richtung.

Endmoränen von diesem eben geschilderten Typus sind wol auf folgendem Wege entstanden. Die durch das Eis unablässig herbeigeführte Grundmoräne wurde nahe dem Gletscherende eine Beute der Gletscherwasser, welche dieselbe auswuschen und in Gestalt von Geröll, Kies, Sand und Schlamm mit sich fort trans-

Digitized by Google

portirten. Am Ende des Gletschers lagerten sie das grobe Material in Gestalt eines flachen Schuttkegels ab; solches geschah auf grosse Strecken, und dadurch wurde am Gletscherende ein Wall aufgeschüttet, der uns nun heute als Endmoräne vorliegt. Ich glaube bemerkt zu haben, dass die so entstandenen Moränenzüge ihren Steilabfall nach dem Gletschercentrum, ihre sanftere Abböschung nach aussen kehren.

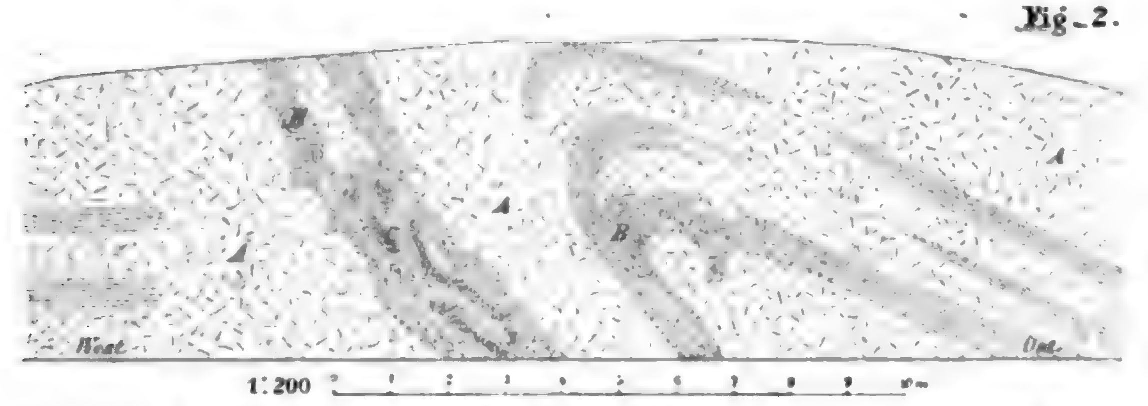
Der bei weitem häufigste Fall ist nun, dass die beiden geschilderten Typen sich in mannigfacher Weise kombiniren, sodass die Endmoräne theils aus dem unverletzten, theils aus dem gewaschenen Materiale der Grundmoräne besteht, wodurch eine ganze Fülle von Faciesverschiedenheiten bedingt wird. Dazu kommt, dass sich ausser dem abgenutzten Materiale der Grundmoräne auch eckiger Gesteinsschutt in wechselnder Menge einstellt. Nirgends aber spielt derselbe, welcher wol aus Oberflächenmoränen herzuleiten ist, eine sehr beträchtliche Rolle. Er tritt quantitativ stets sehr zurück, und ist meisthin nur durch wenige, aber grosse, eckige Blöcke vertreten, den „erratischen Blöcken". Solche finden sich besonders in den Endmoränen des Inngletschers in der Gegend von Wasserburg und Gars und sie werden hier vielfach technisch verwerthet. Endmoränen, welche sich ausschliesslich aus eckigen und kantigen Trümmern aufbauen sind mir in Südbayern nicht bekannt geworden.

Wenn also auch in dem einen Extreme die Endmoräne ihrem Materiale nach kaum von der Grundmoräne zu unterscheiden ist, während im andern Extreme sie sich in ihrer Zusammensetzung rein fluviatilen Ablagerungen nähert, so besitzt sie doch in den bei weitem meisten Fällen eine eigenartige Physiognomie, indem sich beide Extreme kombiniren und indem sich eckiger Gesteinsschutt neben dem abgenutzten der Grundmoränen in ihr einstellt. Der Name Moränenschutt dürfte vielleicht zur Bezeichnung solchermaassen wechselnden Materiales von Endmoränen geeignet sein, und zwar könnte man dasselbe je nach seiner Beschaffenheit bald als thonigen, bald als kiesigen, bald endlich als grusigen Moränenschutt anführen.

Selten nur fehlen Schichtenstörungen in den Endmoränen. Die in ihnen auftretenden kiesigen oder sandigen Partien sind häufig zusammengeschoben und gefaltet, wie es Fig. 2 und 3 zeigen. Bis-

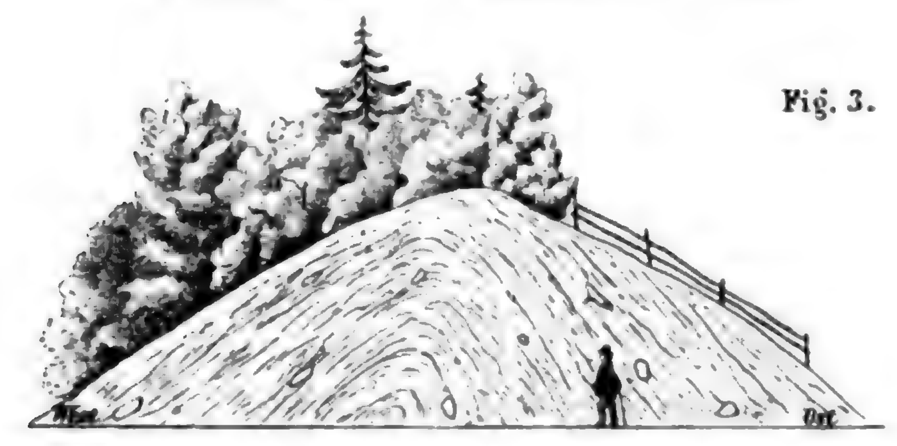
Digitized by Google

weilen ist sogar die ganze Ablagerung zusammengeschoben; so durchschneidet der Inn unterhalb Wasserburg einige Endmoränenwälle, deren kiesiger Moränenschutt stellenweise senkrecht steht, stellenweise unter einem Winkel von 60° einfällt. Es liegt auf der Hand, dass man es hier nicht mit ursprünglichen Unregelmässigkeiten in der Schichtung, sondern mit nachträglichen Störungen



Profil der Endmoräne des Isar-Gletschers nördlich Althegnenberg, zwischen München und Augsburg.

A Moränenschutt. *B* Bänderthon. *C* Sand.



Durchschnitt einer Endmoräne bei Mangetsried, westlich vom Würmsee.

zu thun hat, und man wird nicht weit fehlen, wenn man in denselben ein Werk des Gletscherschubes erkennt (vgl. Fig. 6 unten).

In der That berichtet J. de Charpentier[1]), dass in einem engen Thale vorwärts schreitende Gletscher den Boden vor sich zusammenschieben, und bekräftigt dies durch einige Beispiele. Hogard[2]) sah, wie der Rhônegletscher beim Vorrücken seine

[1]) Essai sur les glaciers. p. 41.

[2]) Coup d'oeil sur le terrain erratique des Vosges. Épinal 1848. Cap. III.

Digitized by Google

Endmoränen zusammenschob; TYNDALL[1]) beobachtete ferner, wie der Morteratschgletscher im Engadin einen kleinen bewachsenen Hügel vor sich herschob. Nach einer Notiz von HEIM[2]) staute der Puntaiglasgletscher in der Tödikette einst beim Vorwärtsschreiten den vorliegenden Rasen in Falten auf, und dasselbe gilt nach übereinstimmenden Mittheilungen vom Buerbrä[3]) in Norwegen, sowie von verschiedenen anderen Eisströmen dieses Landes. Es liegen also verschiedene Berichte darüber vor, dass ein vorwärts schreitender Gletscher sein Vorland zusammenschiebt. Diese so erzeugten Faltungen und Stauchungen müssen von den unter der Grundmoräne ab und zu auftretenden Schichtenstörungen wol getrennt werden. Während sie durch Zusammenschieben vor dem Gletscher entstanden, wurden die letzteren durch die unregelmässige Bewegung der Grundmoräne unter dem Gletscher gebildet. Ich kann daher meinem verehrten Lehrer HERM. CREDNER nicht beistimmen, wenn er als Prototyp der Schichtenstörungen im Untergrunde des sächsischen Geschiebelehmes die Zusammenschiebungen hinstellt, welche der vorwärts schreitende Buerbrä erzeugt. Den Schichtenstörungen dieses Gletschers entsprechen vielmehr die Windungen und Faltungen des Moränenschuttes in Oberbayern.

So wesentlich sich nun auch die Endmoränen Oberbayerns durch die Herkunft ihres Materiales von den Endmoränen mancher heutiger Gletscher unterscheiden mögen, so erscheint mir doch überflüssig, sie durch einen besonderen Namen zu charakterisiren. Denn es liegt auf der Hand, dass in jeder Endmoräne sich das Material von Grund- und Oberflächenmoräne ansammeln wird. Die in ihnen auftretenden Schichtenstörungen lehren ferner, dass sich an ihrem Aufbau auch zusammengeschobenes Gletschervorland betheiligt. Es dürfte daher nicht räthlich sein, die niedrigen

---

1) On the conformation of the Alps. Philos. Magaz. IV. S. Bd. 28. 1864. p. 255.

2) Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 267.

3) HOLMSTRÖM: Om moräner och terrasser. Öfvers. af Kgl. Vertenskaps. Akad. Förhandl. 1879. No. 2. p. 6. — PENCK: Die Gletscher Norwegens. Mittheil. d. Vereins f. Erdkunde. Leipzig 1879. — HERM. CREDNER: Ueber Schichtenstörungen u. s. w. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. 1880. p. 70.

Digitized by Google

Endmoränen mancher norwegischer Gletscher, welche nur aus zusammengeschobenem Materiale bestehen, eigens als „Staumoränen" zu bezeichnen, wie BERENDT[1]) kürzlich vorschlug. Man erinnere sich nur, was LOUIS AGASSIZ über die Endmoränen schreibt. „Die Endmoränen", sagt der geniale Urheber der Eiszeittheorie[2]), „verdanken theilweise ihre Entstehung den Trümmern, welche von der Oberfläche der Gletscher herabfallen, und man sieht nicht selten an schönen Sommertagen grosse Blöcke von dem Thalende sich losreissen und über die Eiswände hinab zu dem Schutt an dem Fusse des Gletschers rollen. Grösstentheils aber bildet sich die Endmoräne aus allen beweglichen Massen, welche er beim Vorrücken auf den Felsgrund vor sich herschiebt, sowie aus dem Trümmerschutt, welcher zwischen dem Gletscher und dem Boden, auf dem er ruht, sich befindet." Alles dies gilt in vollem Umfang, wie wir sahen, auch von den Endmoränen Oberbayerns.

Längst schon hat man in der Schweiz erkannt, dass die Endmoränen der diluvialen Gletscher nicht die äusserste Grenze des erratischen Gebietes erreichen. L. AGASSIZ hat dies zuerst aufgefunden und in dieser Erscheinung eine Stütze seiner Lehre von der Eiszeit gesucht. Spätere Untersuchungen haben diesen Befund nur bestätigt, und auch auf der Südseite der Alpen wurde dieselbe Thatsache konstatirt. Neuerdings wurde sie auch auf deutschem Boden nachgewiesen. Die Untersuchungen von BACH und PROBST lieferten in Württemberg das übereinstimmende Ergebniss, dass daselbst eine äussere und innere Moränenzone vorhanden sei, und besonders BACH suchte die Unterschiede dieser beiden Zonen näher zu präcisiren. In Südbayern kehrt nun eben jene Erscheinung wieder. Die geschilderten Endmoränen bilden nicht den äussersten Saum der Glacialgebilde, sondern auch noch ausserhalb der ersteren treten echte Moränen auf. Allerdings ist hier der Typus der Moränenlandschaft nicht zu erkennen, aber dennoch finden sich echte, normale Grundmoränen, deren Beschaffenheit keinen Zweifel darüber aufkommen lässt, dass sie in situ sind.

[1]) Vergl. Referat über PENCK: Die Gletscher Norwegens. Neues Jahrbuch für Mineralogie u. Geologie. 1881. Bd. I. p. 423.

[2]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 113. 114.

Digitized by Google

Stark und Clessin, welche das erratische Gebiet nur durch Verfolgung der Moränenlandschaft zu begrenzen suchten, war diese äussere Moränenzone unbekannt geblieben, und hieraus erklärt sich, warum die genannten Autoren die äusserste Moränengrenze nicht weit genug nach Norden verlegen. So zieht Stark die Begrenzung des Inngletschers stellenweise volle 15 km zu weit südlich, und erkannte nicht den eigenartigen Vorsprung des Glacialgebietes bei Erding; Clessin endlich begrenzt das Gebiet seines Ampergletschers im Mittel 15 km südlich von der wahren äusseren Gletschergrenze. In einem späteren Abschnitte werden wir uns mit dieser äusseren Zone des Moränengebietes näher befassen und deren Bedeutung zu ermitteln suchen.

Lässt sich die Moränenlandschaft nicht bis zu der äussersten Grenze des ehemaligen Gletschergebietes verfolgen, so behält sie auch nach dessen Centrum zu nicht den gleichen Charakter. Man möchte sagen, dass sie an Intensität abnimmt, das heisst die ihr eigenthümlichen Züge verlieren an Ausdruck und Schärfe. Zunächst lässt sich beobachten, wie sich die Höhe der Moränenwälle stetig mindert; dieselben verflachen sich allmählich. Dadurch wird die hervorragende orographische Unregelmässigkeit gehoben, welche die Moränenlandschaft charakterisirt. Ferner aber drängen sich die einzelnen Moränenwälle nicht mehr so dicht aneinander, grössere Zwischenräume schalten sich zwischen ihnen ein, und die Hauptwälle erscheinen nicht mehr als eine unregelmässige Vereinigung zahlreicher paralleler Hügel, sondern nehmen ein regelmässigeres Querprofil an. Diese Abnahme der Moränenlandschaft an prägnanten Zügen vollzieht sich nach einer ganz bestimmten Regel. Nicht etwa dass sie sich stets in einer bestimmten Entfernung von der äusseren Grenze des Glacialgebietes geltend machte, sodass das gesammte Gletschergebiet Oberbayerns nach aussen hin eine bestimmte Moränenlandschaftszone besässe, sondern das Gebiet eines jeden Eisstromes, der die bayerische Hochebene erreichte, besitzt seine eigene Zone von Endmoränen, seinen eigenen Saum einer Moränenlandschaft. Jeder einzelne Gletscherbezirk ist also nicht nur nach aussen durch Moränenwälle begrenzt, sondern auch gegen seine Nachbarn hin, und innerhalb eines jeden so individualisirten Gletscher-

Digitized by Google

bereiches nimmt die Moränenlandschaft in radiärer Richtung an Intensität ab.

Jedes einzelne Gletschergebiet besitzt also sein eigenes System von Endmoränen, welche erst an der äusseren Grenze der ehemaligen Eisbedeckung mit einander zu einer kontinuirlichen Umwallung verschmelzen, und indem nach aussen hin die Moränen mehr und mehr anschwellen, so muss im allgemeinen das Niveau an den peripherischen Theilen der einzelnen Eisströme höher sein als in deren centralen Partien. Dies ist in der That der Fall; die peripherischen Theile der einzelnen Gletschergebiete liegen höher als deren centrale Partie, aber sie erheben sich über das Niveau der letzteren nicht bloss um soviel, als die Höhe der Endmoränen beträgt, also um 30 bis 50 m, sondern um ein weit beträchtlicheres Stück. So liegt die centrale Partie des Inngletschers, das Rosenheimer Moos, 450 m hoch, während die Peripherie seines Gebietes sich vielfach bis auf 600 m erhebt. Die nördlichsten Moränen des Isargletschers erheben sich bis über 600 m, und umschliessen ein Gebiet, welches sich im Ammersee bis auf 440 m, im Würmsee bis auf 460 m herabsenkt. Die Endmoränen umgürten also in jedem Gletschergebiete eine centrale Depression, welche sich weit unter ihre Höhe herabsenkt.

Diese centrale Depression ist entweder unverletzt, das heisst sie erscheint als ein allseitig von höherem Lande umgebenes Becken, welches natürlich mit Wasser erfüllt ist, und daher als See entgegentritt. Die grossen Seen Südbayerns sind nichts als solche wassererfüllte Depressionen im Gletschergebiete. In vielen Fällen aber ist die Umwallung einer solchen Depression zerstört, ihr Abfluss hat dieselbe durchbrochen. Sie ist dann trocken gelegt, und erscheint nicht mehr als See. Aber in der Konfiguration der Gegend tritt sie noch deutlich hervor, sie erscheint als Becken und hydrographisches Centrum. Das Becken von Rosenheim, die centrale Depression des Inngletschers, ist das beste Beispiel hierfür. Ausgedehnte Torflager verrathen hier noch die frühere Existenz eines Sees, oder es sind in einer Reihe kleinere Wasseransammlungen die Reste eines solchen erhalten, wie im Becken von Füssen, der centralen Depression des Lechgletschers.

Die Gestalt dieser Depression lässt, wie aus dem Voraus-

Digitized by Google

gegangenen bereits zu entnehmen ist, eine ausgesprochene Abhängigkeit von der Gestalt der einzelnen Gletschergebiete erkennen, indem sie dieselbe in verkleinertem Maasse wiederholt. Wo also ein Eisstrom sich fächerförmig ausbreitete und seine äussere Grenze einen Halbkreis beschreibt, ist die centrale Depression auch halbkreisförmig. In diesem Falle steigt das Land von diesem Centrum nach der Peripherie des Gletschergebietes allseitig sanft an, es scheint ein grosses Amphitheater um den Punkt zu bilden, wo der Gletscher die Hochebene erreichte (Rhein-, Inn- und Salzachgletscher). Wo hingegen die Gebiete der einzelnen Eisströme die Gestalt schmaler Zungen annehmen, was der Fall ist, wenn verschiedene Gletscher sich in ihrer Entwicklung gegenseitig hindern und sich untereinander parallel bewegen müssen, dann dehnt sich auch die Gestalt der centralen Depression, sie wird zu einer mehr oder minder langgedehnten Mulde (einzelne Ströme des Isargletschers). Diese centralen Depressionen lassen sich stets bis zu dem Thale verfolgen, aus welchem der betreffende Gletscher auf die Hochebene trat, und setzen sich häufig ein Stück weit in dasselbe fort. Sie erscheinen somit als die Fortsetzung der Hauptgletscherbetten auf die Hochebene.

Die Konturen des Meeres von Eis, das sich einst am Fusse der deutschen Alpen ausbreitete, liessen bereits dessen Zusammensetzung aus mehreren miteinander verschmolzenen Eisströmen vermuthen. Die verschiedene Geschiebeführung der einzelnen Bezirke erhob diese Vermuthung zur Gewissheit. Das Studium der Endmoränen und der Moränenlandschaft führt zu demselben Resultate, und die Betrachtung der Niveauverhältnisse der Gegend endlich lehrt uns ebenfalls das grosse Gletschergebiet in einzelne Individuen zu zerlegen. So stellt sich denn eine grosse Beziehung zwischen Gletscherverbreitung und der Orographie heraus. Wir sehen, dass das Gletschergebiet in drei verschiedene Zonen zerfällt. In der äusseren fanden sich Moränen, jedoch nicht die eigentliche Moränenlandschaft. Die charakteristischen Züge derselben sind verwischt, es macht unwillkürlich den Eindruck, als ob diese Zone weit länger den regelmässig die Erdoberfläche gestaltenden erodirenden Processen ausgesetzt gewesen sei als die mittlere Zone, die der Moränenlandschaft. Hier ist die

Digitized by Google

Gesetzlosigkeit und Unregelmässigkeit der anhäufenden Thätigkeit des Eises noch frisch erhalten. Die regelmässigen Erosionsprocesse durch rinnendes Wasser sind hier kaum in Wirksamkeit getreten. Unverletzt sind noch alle orographischen Abnormitäten erhalten, man fühlt, dass man sich in einem weit jugendlicheren Gletschergebiete befindet, als es die äussere Zone darstellt. Zahlreiche kleine Seen finden sich hier, während sie in der äusseren Zone fehlen. Die dritte innere Zone endlich ist charakterisirt durch das Zurücktreten der Endmoränen, und hebt sich topographisch durch eine tiefe Depression hervor. Hier begegnet man weit weniger den Werken der anhäufenden Thätigkeit des Eises als in den beiden äusseren Zonen, ältere Gesteine sind hier öfters blossgelegt, während sie nach aussen hin unter den mächtigen Moränen ganz verschwinden. Der Habitus der Gegend erinnert an die Strecken des Gebirges, wo die Gletscher nicht anhäufend, sondern erodirend wirkten. So steht denn die äussere Moränenzone, die der verwaschenen Moränenlandschaft, den beiden inneren gegenüber durch ihr hohes Alter; die innere Zone hingegen, die der centralen Depression, erscheint gegenüber den beiden Zonen der unverletzten und verwaschenen Moränenlandschaft als ein Erosionsgebiet. Späteren Abschnitten möge die nähere Würdigung dieser Verhältnisse aufbewahrt sein.

Zu den mannigfachen Unterschieden in der Entwicklung des Glacialphänomens auf beiden Seiten der Alpen musste bisher ausser der bereits erwähnten verschiedenen räumlichen Verbreitung der früheren Gletscher auch der Umstand gezählt werden, dass auf der italienischen Seite jene merkwürdige topographische Beziehung zwischen früherer Gletscherverbreitung und den Niveauverhältnissen besteht, welche Gastaldi[1]) so treffend durch die Bezeichnung Moränenamphitheater charakterisirte. Das Land steigt nämlich von dem Punkte, wo der Gletscher die Alpen verliess, wie ein Amphitheater nach der Poebene an, und die äussere Umwallung dieser Amphitheater ist die äussere Moränengrenze.

Ganz eben dieselbe Erscheinung bemerken wir auch auf der Nordseite der Alpen da, wo die Gletscher sich in ähnlicher Weise fächerförmig ausbreiten konnten wie in Oberitalien.

[1]) Frammenti di geologia del Piemonte und Atti Soc. ital. di sc. nat. V. 1863. p. 240.

Digitized by Google

Rhein- und Inngletscher, vor allem aber der Salzachgletscher sind durch echte Amphitheater ausgezeichnet. Wo hingegen die Gletscher sich in der für die Nordseite eigenthümlichen Weise entwickelten, das heisst wo sie sich gegenseitig in ihrer fächerförmigen Ausbreitung hemmten und untereinander parallel sich vorwärts bewegten, da findet sich anstatt einer centralen runden Depression, anstatt des Amphitheaters eine centrale Rinne. Das Auftreten von Amphitheatern kommt also nicht ausschliesslich der Südseite der Alpen zu, sondern ist charakteristisch für eine bestimmte Ausbreitung des Eises, nämlich die fächerförmige, während die centrale Rinne, wie sie in der Schweiz und im Isargletschergebiete herrscht, auf Parallelität in der Gletscherausbreitung deutet. Die Entwicklung des Glacialphänomens in Oberbayern also, welche räumlich so ziemlich die Mitte hält zwischen der Italiens und der der Schweiz, schlägt auch betreffs der Niveauverhältnisse der Gletscherlandschaft die Brücke über die Alpen.

Einen weiteren, dritten Unterschied zwischen dem Glacialphänomen auf beiden Seiten der Alpen betonte wol zuerst Gümbel [1]) und führte Rütimeyer [2]) in bekannter Gründlichkeit aus. Während man nämlich am Südabfalle enorme Moränenwälle erkennt, sind auf der Nordseite die Glacialgebilde in weit geringerer Mächtigkeit entwickelt. Aber es scheint, als ob auch diese Differenz eine naturgemässe ist, wenn man nur in Betracht zieht, dass auf der Südseite das Ablagerungsgebiet der Moränen ein weit engeres ist als auf der Nordseite. Hier wurde das Glacialmaterial über grosse Flächen verbreitet, dort in einem kleinen Bezirke angehäuft. Man hat es auf beiden Seiten der Alpen mit gleich intensiver Gletscherwirkung zu thun, jedoch mit einer durch Temperaturverschiedenheit der beiden Gebiete erzeugten Differenz in der Verbreitung des Phänomens.

Hat also auch in den verschiedenen Theilen der Alpen das Glacialphänomen sich in verschiedener Weise räumlich entfaltet, so hat es sich doch überall in derselben Weise geäussert. Es ist eine durchgreifende Regel für alle alpinen Gletschergebiete,

---

[1]) A. a. O. Gletschererscheinungen aus der Eiszeit. 1872. p. 253.
[2]) Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen. Basel 1875.

Digitized by Google

dass die peripherischen Endmoränen fast ausschliesslich aus dem Materiale der Grundmoräne zusammengesetzt werden. Gleichwie in Oberbayern bestehen die Endmoränen Württembergs fast durchweg aus Gletscherschlamm und gekritzten Geschieben nebst geschichteten Einlagerungen. Ebenso verhält es sich nach den Schilderungen von Mühlberg[1]) mit den Moränen des Aargau, und nach den Mittheilungen Morlot's[2]) mit denen der Gegend von Lausanne. Ausdrücklich hebt ferner de Mortillet[3]) gekritzte Geschiebe als den Hauptbestandtheil der Endmoränen Oberitaliens hervor. Rund um die Alpen findet sich also das Material der Grundmoränen in Form von Endmoränen aufgestaut. Es fand also, wie Agassiz[4]) zuerst als charakteristisch für das Maximum der Eisausdehnung im Norden Europas hervorhob, der Hauptgesteinstransport allenthalben unter dem Eise statt.

Endmoränen, welcher Art und Zusammensetzung sie auch sein mögen, können sich nur während eines Stillstandes des Gletscherendes bilden. Findet nach ihrer Anhäufung ein Anwachsen des Gletschers statt, so werden sie eine Zeit lang vor dem Eise hergeschoben werden, bis sie unter dasselbe gerathen und der Grundmoräne einverleibt werden. Nur wenn nach ihrer Anhäufung das Eis sich weiter zurückzieht, werden sie als Wälle erhalten bleiben. Alle Endmoränen bildeten sich daher während des Rückzuges der Vergletscherung in Unterbrechungen, in Pausen desselben; und zwar dürfte es gestattet sein, aus der Grösse des Walles einen Schluss auf die Dauer dieser Pausen und Unterbrechungen zu machen. Die äusseren Wälle werden immer älter als die inneren sein.

Nun findet sich allenthalben in den Alpen, dass ganze Serien von Endmoränen die alten Gletschergebiete auszeichnen,

---

[1]) Die erratischen Bildungen im Aargau. Sep.-Abdr. a. d. Festschr. d. aarg. naturf. Gesellsch. zur Feier ihrer 500. Sitzung. Aarau 1869. p. 105.

[2]) Bull. Soc. Vaud. d. sc. nat. t. IV. p. 42.

[3]) Carte des anciens glaciers. Atti soc. ital. d. sc. nat. t. III. 1861. p. 69.

[4]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinburgh new Philos. Journ. XXXIII. 1842. p. 217. Vergl. auch Biblioth. universelle de Genève. XLI. 1842. p. 130.

Digitized by Google

überall liegen sie wie „Jahresringe“[1]) hintereinander. Es ist daher der Rückzug der Vergletscherung ganz allgemein kein allmählicher gewesen, sondern wurde durch viele Pausen unterbrochen. Er geschah ruckweise, was jedoch nicht heissen soll, dass Zeiten des Stillstandes durch Perioden gewaltigen Rückzuges unterbrochen wurden. Zukünftige Untersuchungen werden nun noch zu erörtern haben, ob im ganzen Alpengebiete die einzelnen Moränenwälle genau einander entsprechen, ob also anzunehmen ist, dass überall der Rückzug an einer bestimmten Zeit unterbrochen wurde, oder ob, was mir wahrscheinlicher ist, die Zeiten des Rückganges und Stillstandes der Gletscherbewegung jedem einzelnen Gletscher eigenthümlich waren, und somit lokaler Natur sind. Bis jetzt hat es mir nämlich nicht einmal gelingen wollen, in Südbayern die Endmoränen der verschiedenen Gletscher mit einander zu parallelisiren, ja selbst im Bezirke eines einzigen Eisstromes hält es oft schwer, die einzelnen Moränenwälle überall scharf wieder zu erkennen.

Unterrichtet uns die Aufeinanderfolge der Endmoränen über die Art und Weise des Gletscherrückzuges, so lehrt uns deren Vertheilung kennen, wie die zusammenhängende Vergletscherung des nordalpinen Vorlandes sich beim Schwinden in einzelne Eisströme auflöste, von dessen ein jeder sich vor dem Ausgange eines Alpenthales ausbreitete. In diesem Stadium glich die Vergletscherung am Nordfusse der Alpen der Maximaleisausdehnung am Südabfalle des Gebirges. Es bestätigt sich unsere Erfahrung, dass die Vergletscherung sich in der Poebene lediglich auf Grund einer dort herrschenden höheren Temperatur weniger entfaltete als auf dem nordalpinen Vorlande.

Die mächtigsten Endmoränen charakterisiren die äussere Zone der Moränenlandschaft, nach innen nehmen sie an Höhe bedeutend ab. Es ist daher anzunehmen, dass während des Maximums der Eisentwicklung die Gletscher eine ziemlich beträchtliche Weile stationär blieben und nur wenig oscillirten, um sich dann, ohne allzulange Unterbrechungen zu erleiden, zurückzuziehen.

[1]) Vergl. Bachmann: Die Kander im Berner Oberland. 1870. p. 120.

Digitized by Google

II.
MITTELBARE GLACIALWIRKUNGEN.

Kapitel XII.

Glaciale Schotter in grossen Höhen und in Konnex mit Grundmoränen.

Geschichtete Ablagerungen als Glied der Glacialformation. Erratisches Geschiebe GÜMBEL's. Geschichtete Einlagerungen in Grundmoränen. Profil bei Wasserburg. Konnex zwischen Thonen, Kiesen und Moränen. Thone und Kiese als Schlemmprodukte der Moränen. Regelmässige Aufeinanderfolge von Schottern, Moränen und Schottern. Liegende Schotter mit gekritzten Geschieben und Torflager. Hangende Schotter. Liegende und hangende Schotter. Glacialgebilde. Aufschlüsse bei Gars. Analogien mit Norddeutschland. Die Geschiebeformation weder in Süd- noch in Norddeutschland ein Chaos.

Wie sich an die heutigen Gletscher nicht nur die Thätigkeit des gefrorenen Wassers, sondern vor allem auch die des fliessenden knüpft, wie die Wirkungen dieser beiden Formen des Wassers hier auf die mannigfaltigste Art ineinander greifen, so erscheinen als Folge der grossen Entfaltung der diluvialen Gletscher nicht bloss Moränen, sondern auch geschichtete Ablagerungen, welche zweifellos unter Mitwirkung des rinnenden und fliessenden Wassers gebildet sind. In dem süddeutschen Gletschergebiete spielen die letzterwähnten Gebilde eine grosse Rolle; ihre Beziehungen zu den Moränen liegen klar da, ein genetischer Konnex zwischen beiden ist unverkennbar. Moränen und geschichtete Ablagerungen bilden hier ein einheitliches Ganze, sie beide zusammen bauen die Glacialformation auf. So ist es andrerorts zwar auch; aber während z. B. in Norddeutschland die geschichteten Materialien häufig in anderer Richtung bewegt wurden, als die

Digitized by Google

Moränen, fallen in Süddeutschland beide Transportrichtungen zusammen. Das ganze Glacialphänomen ist hier ferner auf einen engeren Raum beschränkt, als im Norden Deutschlands, es erscheint kompakter, und vor allem durch tiefe Thalrinnen besser aufgeschlossen. Das Studium der süddeutschen Moränen wurde daher auch von Einfluss auf die Auffassung des Geschiebelehmes Norddeutschlands, es veranlasste ZITTEL[1]), den Ansichten TORELLS beizupflichten, noch als dieselben von der Mehrzahl der Geologen bekämpft wurden, und die Vergletscherung Norddeutschlands im persönlichen Verkehre zu verfechten[2]); die Kenntniss der süddeutschen Glacialphänome liess GÜMBEL und SANDBERGER die gekritzten Geschiebe Norddeutschlands als echt glaciale deuten, welche von ORTH nebst den Gletscherschliffen von Rüdersdorf als Zeugen einer Vereisung Norddeutschlands der deutschen Naturforscherversammlung in München 1877 vorgelegt wurden.[3]) So ist denn nun zu hoffen, dass das Studium der süddeutschen geschichteten Glacialgebilde auch befruchtend auf die Auffassung mancher unenträthselter Verhältnisse des Nordens wirke.

Zur Glacialformation möchte ich vor allem jene hochgelegenen Schotter rechnen, welche sich in den nordtiroler und oberbayerischen Alpen mehrorts finden. Dieselben erregten zuerst die Aufmerksamkeit von SCHMITZ[4]), und wurden dann von GÜMBEL[5]) als „erratisches Geschiebe“ eingehend beschrieben. Leider habe ich solche Ablagerungen selbst nicht gesehen. Sie bestehen nach GÜMBEL aus stark abgerollten Urgebirgsarten, besonders aus Hornblende-haltigen Gesteinsarten, und sind horizontal geschichtet. Ihre bedeutende Höhe wird als sehr merkwürdig hervorgehoben, nach GÜMBEL finden sie sich am Kreuzjoche südwestlich Garmisch in 1300 m, am Hasenjöcherl

[1]) Aus der Urzeit. 2. Aufl. 1875. p. 512.

[2]) Nach mündlichen Mittheilungen der Herren Professoren v. FRITSCH in Halle und HERM. CREDNER in Leipzig.

[3]) Amtlicher Bericht der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. München 1877. p. 166.

[4]) Ueber das Vorkommen nutzbarer Fossilien in den bayerischen Alpen. Kunst- und Gewerbeblatt f. d. Königreich Bayern. 28. Jahrg. Bd. XX. 1842. p. 292.

[5]) Alpengebirge. p. 802.

Digitized by Google

unweit Oberammergau in 1400 m, bei der Kohlstattalpe an der Benediktenwand in 1050 m, am Altlachberge südlich vom Walchensee in 1070 m, am Kühzagelsattel bei Tegernsee in 1050 m und auf der Hochalpe zwischen den beiden Ketten des Kaisergebirges in 1350 m Höhe. Ich theile mit Gümbel die Ansicht, dass man, um die Entstehung dieser Ablagerungen zu erklären, genöthigt ist, „in eine Zeit zurückzugehen, in welcher das Alpengebirge von Fluthungen auf Höhen berührt wurde, die jetzt über alle von Flüssen und Strömungen erreichbaren Orte erhaben sind". Während jedoch Gümbel daraus schliesst, dass die Alpen damals ihre jetzige Gestalt noch nicht gehabt hätten, scheint mir nur nöthig anzunehmen, dass damals die Thäler nicht in ihrer heutigen Form erschienen, sondern mit gewaltigen Eisströmen erfüllt waren. Die erwähnten Schotter würden dann zur Zeit des Maximums der Vergletscherung entstanden sein, und würden lokale Zusammenschwemmungen an den Ufern der diluvialen Gletscher darstellen. Sie würden jenen Ablagerungen entsprechen, welche J. de Charpentier[1]) als „diluvium glaciaire" bezeichnete.

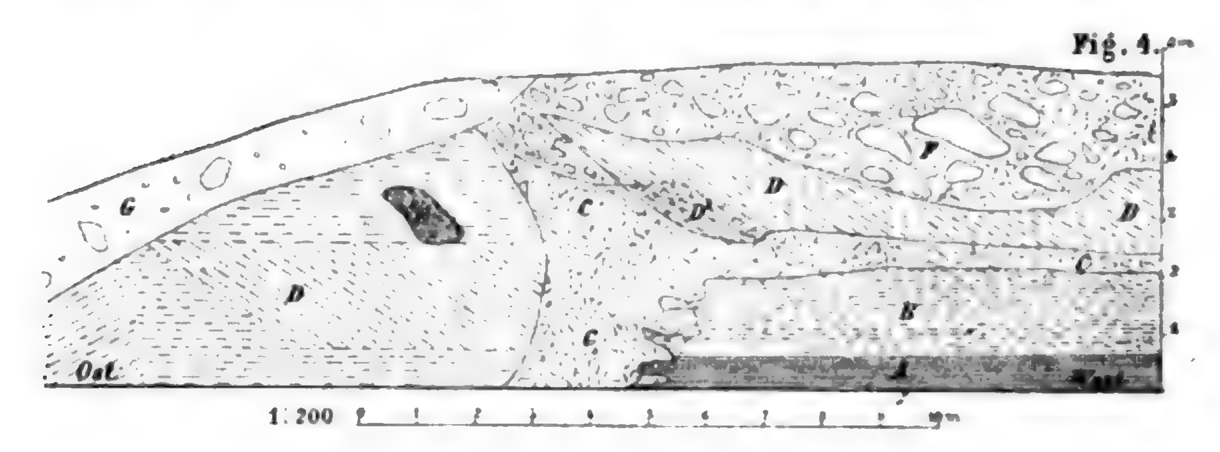
Weit wichtiger aber als diese immerhin nur lokalen und untergeordneten Glacialschotter sind solche, welche in direktem Konnex mit der Grundmoräne auftreten.

Den Grundmoränen mangeln nur selten geschichtete Einlagerungen. Kiessige oder sandige Nester, Schmitzen von Thon fehlen fast keiner Grundmoräne, wenngleich sie an natürlichen, gewöhnlich etwas verwaschenen Profilen meist nicht ganz leicht zu erkennen sind. Sie lehren, dass auch unter den diluvialen Gletschern stellenweise Wasser wirksam war. Ihre Unbedeutendheit, ihre geringe Ausdehnung, der ihnen mangelnde Zusammenhang aber lassen diese Wirkung nur als eine lokale ansehen. Es gibt aber auch Entblössungen, in welchen die Grundmoränen und geschichteten Gebilde ebenbürtig nebeneinander auftreten und in vielfältiger Beziehung ineinandergreifen. Einige Schottergruben bei Starnberg offenbaren diese Verhältnisse in ausgezeichneter Klarheit. Moränen, grobe Schotter, Kiese, Sande und Thone sind auf das Unregelmässigste durcheinander

[1]) Essai sur les glaciers. p. 67.

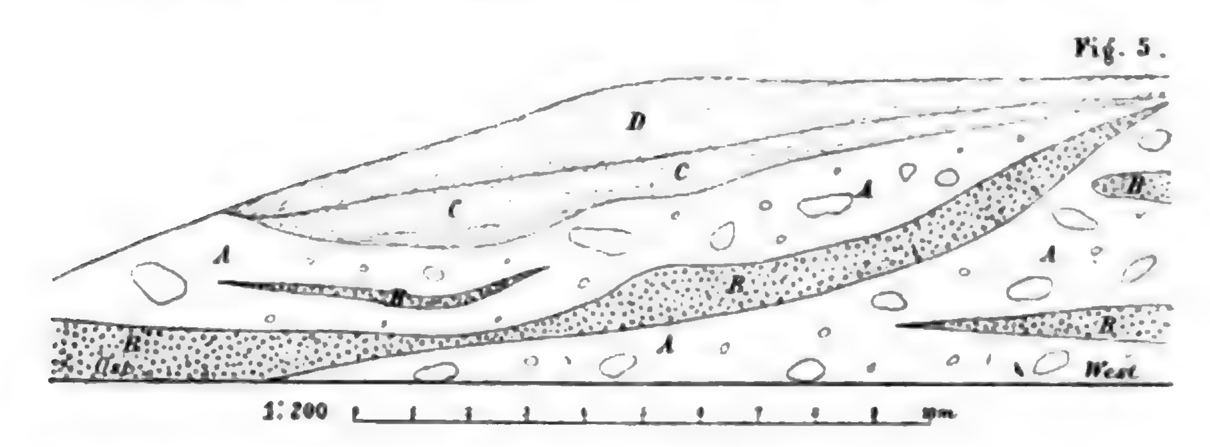
Digitized by Google

gelagert, wie es Fig. 4 und 5 zeigen. Die augenscheinlich unter der Mitwirkung des Wassers abgelagerten Gebilde führen gekritzte Geschiebe, welche Licht auf ihre Herkunft werfen. Sie .sind die Schlemmprodukte der Grundmoräne. Der innige Konnex zwischen ihnen und der letzteren kann nur darauf



Schottergrube nördlich Starnberg.

A Bänderthon. *B* Feiner horizontal geschichteter Sand. *C* Ungeschichteter sandiger Kies. *D* Schräg geschichteter gewaschener Kies. *D'* Schräg geschichteter sandig-thoniger Kies. *E* Scholle von Bänderthon. *F* Ungeschichteter Schotter mit gekritzten Geschieben. *G* Grundmoräne.



Schottergrube nördlich Starnberg.

A Grundmoräne. *B* Grober Kies. *C* Feiner Sand. *D* Jüngerer Kies, alter Seeschotter.

deuten, dass sie gleichzeitig nebeneinander entstanden. In der That sehen wir ja auch in den Hallen und Gewölben, welche die unteren Enden der heutigen Gletscher auszeichnen, die Wirkungen des Eises und des fliessenden Wassers nicht nur nebeneinander sich äussern, sondern auch mannigfach ineinandergreifen. Aehnliche Profile sah ich auch bei Kempten.

Digitized by Google

Aber nicht überall geschieht das Ineinandergreifen der geschichteten und ungeschichteten Glacialgebilde in so unregelmässiger Weise, wie in den berichteten Fällen. Die tief in die Moränen der bayerischen Hochebene einschneidenden Thäler der Wertach, des Lech und vor allem des Inn offenbaren eine ganz regelmässige, stets wiederkehrende Beziehung zwischen Grundmoränen und im Wasser abgelagerten Gebilden. Am besten ist dieselbe am Inn zu beobachten.

In einem Halbkreise um das Städtchen Wasserburg, an der alten Strasse von München nach Salzburg, hat der Inn in ausgezeichneter Weise sein Thalgehänge angeschnitten. Auf eine Entfernung von über 2 km sind hier glaciale Schichten in 60—70 m Mächtigkeit vollkommen blossgelegt, als steile, felsähnliche Wände treten sie zu Tage, und kein Pflanzenwuchs verhüllt sie. Aehnliche Entblössungen wiederholen sich wenig unterhalb Wasserburg unweit des Weilers Puttenham, gleichfalls am rechten Innufer, und weiter thalwärts, gegenüber dem Flecken Gars endlich ist durch einen 2—3 km langen Eisenbahnanschnitt abermals der Bau des Thalgehänges aufgeschlossen, sodass sich ein ganz vorzüglicher Einblick in den Aufbau der dortigen Glacialgebilde gewinnen lässt.

An der „Innleithe" von Wasserburg gewahrt man drei verschiedene wolausgeprägte Horizonte. Zuunterst bemerkt man mächtige Schottermassen, über denselben folgen Grundmoränen, welche in ihren unteren Partien, wo sie dem Kiese auflagern, stark kiesig sind, während ihre oberen Horizonte vielfach mit Thonschichten in Berührung treten und demnach eine thonige Facies besitzen. Als oberstes Glied endlich treten abermals Schotter auf, jedoch von geringerer Mächtigkeit als die liegenden.

Der mittlere Horizont zeigt nun eine bemerkenswerthe Verknüpfung der Grundmoränen mit allerhand geschichteten Ablagerungen. Dieselben sind von ungemein wechselnder petrographischer Ausbildung. Bald erscheinen sie als grobe Kiese, bald als Sande, bald als feiner, horizontal geschichteter Schlamm, welcher in seinem Aussehen ganz dem norddeutschen Bänderthone (Glindower Thone) gleicht, bald endlich als ein ähnlich struirter, ungemein feiner Sand, dem Schlepp der Mark Brandenburg gleichend. Die kiesigen Gebilde treten als langgedehnte wenig mächtige Ein-

Digitized by Google

lagerungen in den unteren, kiesigen Moränenpartien auf, gegen welche sie jedoch sehr zurücktreten, sodass diese letzteren einen sehr kompakten Eindruck machen. Anders verhält es sich mit den oberen Partien. Hier wechsellagern Moränen mit Bänderthon, Schlepp und Kiesschichten derart, dass bald die Moränen als Einlagerungen in den genannten Gebilden, bald diese letzteren hingegen den Moränen eingeschaltet erscheinen. Bemerkenswerther Weise geschieht dieser Wechsel meist in ganz regelmässiger Weise, ein Gebilde lagert sich horizontal auf das andere, Verknetungen des Materiales finden nirgends statt, und Schichtenstörungen kommen überhaupt nur selten und in geringem Maasse vor. Einige Profile mögen diesen Wechsel erläutern. Man beobachtet von oben nach unten z. B.

6 m Bänderthon, dessen untere Lagen gefaltet sind,
4 m thonige Grundmoräne,
3 m Bänderthon und Schlepp,
4 m Grundmoräne,
2 m sandiger Bänderthon,
7 m kiesige Grundmoräne;

oder 4 m Bänderthon mit zwei 0,5 m starken langgedehnten Linsen von Grundmoränen,
3 m Grundmoräne,
1 m Bänderthon,
4 m Grundmoräne,
2 m Bänderthon, sich auskeilend, darunter Grundmoränen;

oder 10 m Grundmoränen,
3 m grobes Geröll,
5 m Bänderthon,
5 m Schlepp, darunter kiesige Grundmoränen.

Es erhellt aus diesen Angaben zur Genüge, dass sich Bänderthon und Grundmoränen hier gegenseitig vertreten, dass sie Aequivalente sind, und der vielfach wiederkehrende Wechsel dieser Gebilde lässt keinen Zweifel darüber, dass sie gleichzeitig nebeneinander entstanden. Würde man freilich die angeführten

Digitized by Google

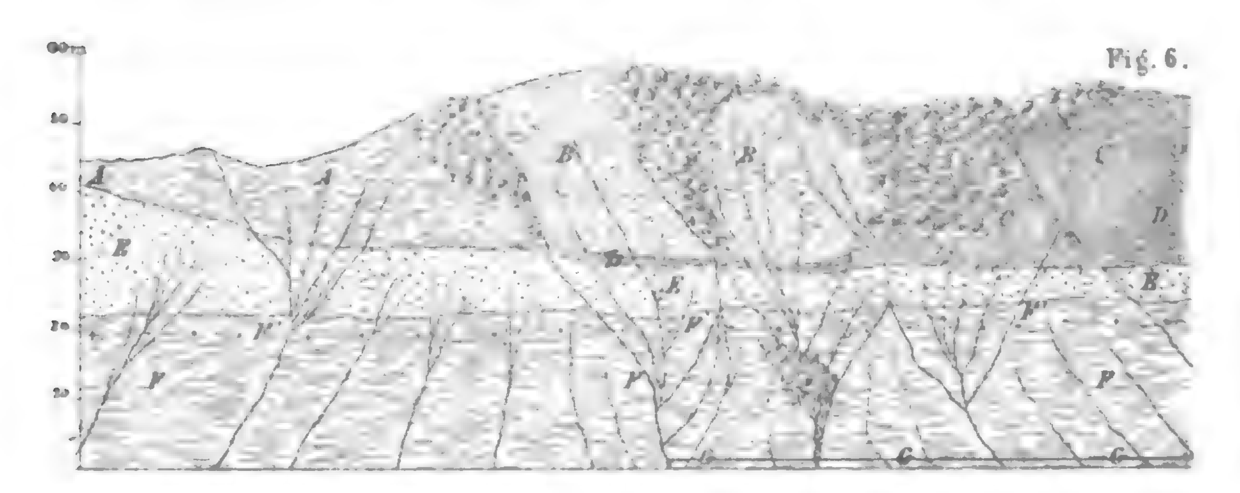
Profile nur isolirt kennen, vielleicht nur durch eine Bohrung, so könnte man leicht denselben Irrthum begehen, wie ich einst in der Deutung des von BERENDT veröffentlichten Bohrprofiles vom Glindowsee bei Potsdam, und die einzelnen Glieder derselben Moränenablagerung als verschiedene Gebilde auffassen,[1]) so aber, wo man in trefflichen fort- laufenden Entblössungen den gegenseitigen Verband dieser Gebilde leicht verfolgen kann, drängt sich eine solche Annahme unmöglich auf.

Petrographisch erscheinen Bänderthon und Schlepp als die Schlemmprodukte der Grundmoräne; dass sie es auch genetisch sind, erhellt aus den gekritzten Geschieben, welche ihnen nicht selten eingebettet sind. Es liegt nun auf der Hand, nach den gröberen Bestandtheilen der Moränen zu fragen. Höchst wahrscheinlich bilden dieselben irgendwo kiesige Ablagerungen. Wenn wir daher Bänderthon und Grundmoränen an einer Stelle als äquivalente Bildungen treffen, müssen wir an anderen Aufschlüssen Moränen und Schotter in ähnlichem Konnexe finden. Solches zeigen in der That die unteren Partien des Moränenhorizontes bei Wasserburg, wo es kiesige Schichten sind, die den Moränen eingeschaltet sind; solches lässt sich ferner an manchen Stellen des Eisenbahnanschnittes von Gars wahrnehmen, wo mehrfach Moränen und Schotterbänke wechseln; solches endlich offenbaren die prächtigen Entblössungen von Reichling am Lech, wo Kiesschichten und Grundmoränen nicht nur mit einander wechsellagern, sondern sich auch gegeneinander auskeilen und offenbar einander ersetzen. Es bewahrheitet sich vielorts, dass die Grundmoränen mit ihren geschichteten Schlemmprodukten, mit Schotter, Bänderthon und Schlepp ganz unregelmässig wechsellagern. Die Bildung von Schlemmprodukten setzt aber Wasserwirkungen voraus. Häufig kombinirten sich also Eis- und Wasserwirkungen im Bereiche der alten Gletscher, was wol in ähnlicher Weise geschehen ist, wie an den Enden der heutigen Gletscher, wo das Eis Moränen ablagert und dicht daneben das Wasser geschichtete Gebilde absetzt. Während aber die Thätigkeit des Eises räumlich auf das Gletscher-

[1]) Die Geschiebeformation Norddeutschlands. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 158.

Digitized by Google

gebiet beschränkt ist, kann sich die des fliessenden Wassers um so weiter entfalten und weit über das Gletschergebiet hinaus erstrecken. Wir sehen die Gletscherströme besonders vor dem Gletscher Schotter-, Sand- und Schlammschichten anhäufen. Schreitet dann der Gletscher vorwärts, so bedeckt er diese Gebilde mit seinen Moränen, und wenn er wieder sich zurückzieht, so häufen die ihm entströmenden Gewässer wieder geschichtetes Material auf den Moränen ab. Ueberall da, wo Wasser aus Gletschern in derselben Richtung hervorströmen, in welcher sich diese letzteren bewegen, wird ein Anwachsen und wieder Zurückziehen dieser Eisströme ein ganz regelmässiges Schichtensystem hinterlassen. Zuunterst finden sich fluviatile Gebilde, vor allem Kies und Sand, dann folgen Moränen, auf welche sich abermals Schotter legen. Nun



Ansicht der Puttenhamer Innleithe unterhalb Wasserburg.

A Oberer Glacialschotter. *B* Zusammengeschobener kiesiger Moränenschutt. *C* Zusammengeschobener, *D* horizontaler Bänderthon und Schlepp. *E* Grundmoräne. *F* Unterer Glacialschotter in den oberen Partien mit gekritzten Geschieben (*F'*). *G* Flötz diluvialer Kohle.

überzeugten wir uns, dass sich an die Gletscherentfaltung in Oberbayern auch die Thätigkeit des fliessenden Wassers knüpfte; die Niveauverhältnisse sind ferner derart, dass die den früheren Gletschern entströmenden Wasser in derselben Richtung flossen, in der das Eis vorwärts schritt, es ist daher a priori zu erwarten, dass die Vergletscherung Oberbayerns eine regelmässige Aufeinanderfolge von Schottern, Moränen und Schottern hinterliess.

Digitized by Google

Wirklich sehen wir bei Wasserburg sowie auch bei Puttenham am Inn unter und über den dortigen Moränen Schotter entwickelt, die in solch' unverkennbarer Beziehung zu den Moränen stehen, dass wir sie mit zur Glacialformation rechnen müssen. Fig. 6, das Innufer von Puttenham unterhalb Wasserburg darstellend, möge anstatt des weit ausgedehnteren, aber minder übersichtlichen Profiles bei Wasserburg zur Veranschaulichung dieser Beziehungen dienen.

Die liegenden Schotter nämlich nehmen nach oben zu gekritzte Geschiebe auf. Dies deutet unbedingt darauf, dass diese oberen Partien der liegenden Schotter in unmittelbarer Nähe eines Gletschers gebildet wurden. E. Collomb[1]) zeigte nämlich, dass schon nach 20stündiger Bewegung in Wasser die gekritzten Geschiebe ihre Eigenthümlichkeiten verlieren, und Charles Martins[2]) fand 300 m unterhalb des Portales des Aaregletschers bereits keine Gletschersteine mehr im Bachbette, dieselben müssen auf dieser kurzen Strecke vollkommen abgerundet worden sein. Auch L. Agassiz[3]) betont, dass gekritzte Geschiebe im Wasser ungemein rasch obliterirt werden. Ferner aber lehrt ein Ueberblick über das ganze Profil, sowol bei Wasserburg selbst, als auch unterhalb der Stadt bei Puttenham, dass, wiewol sich die Moränen im Einzelnen vollkommen konkordant auf den Schotter auflegen, sie doch kein bestimmtes Niveau einnehmen (vergl. Fig. 6). Sie treten bei Wasserburg am unteren Theile des Profils bereits 10—15 m über dem Inn auf, am oberen dagegen erst 30 m über dem Flusse. Es dürfte sich dies Verhältniss nicht anders erklären lassen, als dass Moränenablagerung und Anhäufung der obersten Schotterpartien gleichzeitig geschahen. Somit erhellt auf doppeltem Wege, dass die obersten Lagen des Schotters im Liegenden der Moräne in unmittelbarer Nähe des Gletschers gebildet wurden, und zwar entstanden sie, wie die in ihnen vorkommenden gekritzten Geschiebe lehren, aus dem Materiale der Grundmoräne. Nun aber

---

[1]) Sur les galets rayés. Bull. Soc. géolog. de France. II. S. t. IV. 1846/47. p. 301.

[2]) Revue des deux mondes. 1847. I. p. 706.

[3]) Brief an Dollfus-Ausset. Matériaux pour l'étude des glaciers. t. III. p. 260.

Digitized by Google

sind jene obersten Lagen von den unteren durchaus nicht loszutrennen, woraus sich ergibt, dass die Schotterablagerung kontinuirlich geschah. Es ist daher wol auch anzunehmen, dass, wenn die obersten Lagen sich in unmittelbarer Nähe des Eises ablagerten, die unteren sich während des Herannahens der Vergletscherung bildeten. Jedenfalls schloss die Bildung des unteren Schotterhorizontes erst mit der Vergletscherung der betreffenden Stelle ab. Da nun Wasserburg nahe an der äusseren Moränengrenze liegt, so muss die Anhäufung wenigstens eines grossen Theiles jener Schotter in die Zeit der Herannahenden Vergletscherung fallen, also in die Glacialzeit.

Ein Phänomen könnte hierüber vielleicht bestimmte Auskunft geben. Jene mächtigen Schotter bergen dicht über dem Spiegel des Inn, also vermuthlich nahe ihrer Basis ein etwa Fuss mächtiges Lager einer torfigen Kohle (vergl. Fig. 6 *G*). Die Flora derselben kann vielleicht einst Schlüsse auf das Klima jener Zeit ermöglichen, während welcher sich diese unteren Partien anhäuften. Ich fand ausser noch unbestimmten Holzresten und Nadelholzzapfen verschiedene Moose. Herr Bezirksarzt Dr. Holler in Memmingen hatte die grosse Liebenswürdigkeit, dieselben einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Er bestimmte Hypnum aduncum Hedw., H. fluitans Will., H. intermedium Lindbg., H. scorpioides L.; H. commutatum Hedw. und schreibt mir auf die Anfrage, ob arktische Formen vielleicht auftreten: „Was nun den arktischen Charakter der Moose betrifft, so gibt uns die Moosflora derselben weder Anhaltspunkte ihn anzunehmen, noch ihn sicher zu negiren. Sämmtliche Moosarten kommen in den Sümpfen der Polarzone eben so gut vor, wie in denen Südbayerns.“

Es dürfte daher noch der Zukunft vorbehalten sein, vielleicht durch die Pflanzen der Kohlen von Wasserburg das Klima zu ermitteln, während dessen sich die liegenden Schotter bei Wasserburg bildeten; einstweilen müssen wir uns begnügen, wahrscheinlich gemacht zu haben, dass nicht nur ihre oberen Partien, sondern ihre ganze Masse während des Herannahens der Vergletscherung gebildet worden sind, und dass sie ihr Material aus den Grundmoränen entnahmen.

Die Schotter des oberen Horizontes schneiden scharf gegen

Digitized by Google

ihr Liegendes ab, mehrfach finden sich Diskordanzen zwischen ihnen und den unter ihnen auftretenden Bänderthonen, Schleppen und Moränen. Zudem führen sie keine gekritzten Geschiebe, wenigstens konnte ich in diesem Jahre (1881) dergleichen nicht auffinden. Man möchte daher meinen, dass sie einer späteren Periode angehörten, als ihr Liegendes. Allein bei genauerer Betrachtung ergibt sich, dass sie in unregelmässiger Weise geschichtet sind und vor allem nicht jene Horizontalität besitzen, wie sie rein fluviatilen Gebilden zuzukommen pflegt. Verlässt man dann das Profil, um ihre Lage zu überschauen, so sieht man, dass sie bald kleine Hügel bilden, bald wieder Vertiefungen auskleiden. Sie gehören augenscheinlich der Endmoränenzone an, und an einer Stelle gelang es schliesslich, über ihnen, auf der Kuppe eines kleinen Hügels noch unverletztes Moränenmaterial zu entdecken. Unterhalb Wasserburg bei Puttenham sieht man endlich diese Schotter allmählich in eine zusammengeschobene Moränenschuttmasse übergehen, wie Fig. 6 zeigt. Ganz zweifellos gehören also diese hangenden Schotter noch zur Glacialformation, und die Diskordanz gegen ihr Liegendes kommt nicht in Betracht, wenn man berücksichtigt, dass sie von einem rasch bewegten Wasser abgelagert worden, welches ihr thoniges und sandiges Liegende erodiren musste.

Die nähere Betrachtung der Schotter im Liegenden und Hangenden der Wasserburger Moränen lehrt also ganz zweifellose Beziehungen derselben zur Glacialformation kennen, wie wir sie a priori erwarten mussten. Man wird in der Deutung dieser Verhältnisse noch bestärkt, wenn man den grossen Eisenbahnanschnitt von Gars unterhalb Wasserburg, welcher noch mehr nach der äusseren Gletschergrenze hin liegt, untersucht. Man begegnet hier denselben drei Horizonten, wie bei Wasserburg, nur bemerkt man, dass der mittlere in seiner Mächtigkeit arg reducirt ist. Die Moränen erlangen kaum noch 10 m Mächtigkeit, während sie bei Wasserburg 30—40 m mächtig sind; um so beträchtlicher sind die hangenden und liegenden Schotter entwickelt. Dieselben sind also auf Kosten der Moränen angeschwollen, vertreten augenscheinlich dieselben theilweise, erscheinen demnach als Aequivalente der mangelnden Moränen. Weiter thalabwärts finden sich in der

Digitized by Google

Fortsetzung der Aufschlüsse von Gars an den Thalgehängen des Inns gar keine Moränen mehr. Diese Gehänge werden lediglich aus Schottern aufgebaut, welche also die gesammten Moränen vertreten, und demnach zur Glacialzeit zu rechnen sind.

Wir sehen also an den Innufern bei Wasserburg und Gars unter und über den Moränen Schotter auftreten, welche wir zwar insofern als prae- und postglaciale Gebilde bezeichnen können, als sie thatsächlich vor oder nach der Vergletscherung der dortigen Gegend entstanden. Dennoch aber müssen wir sie zur Glacialzeit rechnen und auch als glaciale Gebilde bezeichnen, da sie aus dem Materiale der Moränen zusammengesetzt sind. Wir haben also untere Glacialschotter unter den Moränen, und obere Glacialschotter über den Moränen, und eine einfache Erwägung lehrt, dass das Vor- und Rückwärtsschreiten eines Gletschers, „eine Eruption“ desselben eine solche Schichtenfolge hinterlassen muss. Wir haben also das Wasserburger Profil als ein normales für die bayerische Hochebene anzusehen, und dass es dieses ist, erhellt aus der häufigen Wiederholung der geschilderten Verhältnisse.

Das Profil von Wasserburg erinnerte mich lebhaft an norddeutsche Vorkommnisse. Ganz überraschend ist die Aehnlichkeit zwischen den Wasserburger Bänderthonlagern und denen der Gegend von Potsdam. Während aber die märkischen Bänderthone isolirt auftreten, sodass man lange über ihre Stellung im Unklaren war, und dieselbe heute erst durch das Bohrprofil vom Schwielowsee ahnen kann, ist bei Wasserburg der Konnex zwischen Moränen und Bänderthonen in so unzweideutiger Weise zu erkennen, dass man nicht an ihren gegenseitigen Beziehungen zweifeln darf. Es ist wol gestattet bei der grossen Analogie zwischen dem gedachten norddeutschen und dem süddeutschen Vorkommnisse das durch Studium des einen gewonnene Resultat auch auf das andere zu übertragen. Die Bänderthone der norddeutschen Ebene dürften sammt und sonders, falls sie in derselben Weise wie bei Potsdam entwickelt sind, also als wolgeschichtete, fossilfreie Schlammmassen, für Glacialgebilde, für Aequivalente der Grundmoräne zu gelten haben, nicht aber, wie ich früher glaubte, als interglaciale Ablagerungen.

Viel Aehnlichkeit hat das Wasserburger Profil ferner mit dem Steilufer des Samlandes in Ostpreussen.

Digitized by Google

Ueber dem am Meeresspiegel anstehenden Oligocän, der Bernsteinerde und der Braunkohlenformation, häufen sich dort stellenweise sehr mächtige Diluvialablagerungen an, welche besonders unweit des kleinen Bades Warnicken in vorzüglicher Weise durch die Wogen entblösst sind. Hier findet sich eine vielfache Verknüpfung zwischen Geröll, Schotter, Kies, Sand, Bänderthon und der als Geschiebelehm bezeichneten Grundmoräne. Diese letztere gleicht fast aufs Haar der Wasserburger; wie denn überhaupt die an Urgebirgsgeschieben reichen Grundmoränen des Inngletschers die grösste petrographische Aehnlichkeit mit dem Geschiebelehme Norddeutschlands besitzen. Alle diese Materialien lagern auch im Samlande stellenweise wenigstens vollkommen horizontal, aber wechseln in kürzester Entfernung mit einander ab, sodass zwei benachbarte Profile gar keine Aehnlichkeit miteinander zu besitzen scheinen. Es sind die geschilderten Profile von Wasserburg also geeignet, manche Verhältnisse in Norddeutschland aufzuklären, zu beweisen, dass ineinandergreifende geschichtete und ungeschichtete Ablagerungen das Werk einer einzigen Vergletscherung sein können, freilich nicht müssen. Sie sind eine treffliche Illustration zu der Aeusserung LOSSENS[1]): „Das Diluvium ist ein Chaos“, und das Vorwalten thoniger Gebilde im Konnex mit den Moränen bei Wasserburg, sowie das Vorwiegen kiesig-sandiger Materialien in dem Profile von Gars ist vielleicht genau das Analogon zu den entsprechenden Verhältnissen in der Umgebung Berlins, nur dass bei Wasserburg ein einziger, fortlaufender Aufschluss die gegenseitigen Beziehungen dieser Gebilde auf das Herrlichste offenbart.

Ist nun freilich von gewissen Diluvialablagerungen zu sagen, sei es in Oberbayern oder in Norddeutschland, dass sie ein Chaos darstellen, so muss ich mich doch ganz entschieden dagegen verwahren, dies allgemein auf das Diluvium zu übertragen, und z. B. die Geschiebeformation Norddeutschlands als ein unentzifferbares Gemenge zu bezeichnen, so wie es E. GEINITZ[2]) neuerdings thut.

[1]) Zeitschr. d. Deutschen geolog. Gesellsch. XXVII. 1875. p. 490.

[2]) Beitrag zur Geologie Mecklenburgs. II. Archiv d. Vereins d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Bd. XXXIV. 1880.

Digitized by Google

Wenn sich, wie die Wasserburger Profile zeigen, geschichtete Ablagerungen und Grundmoränen stellenweise vertreten können, so gelingt es doch dies stets zu beweisen. Es führen nämlich die ersteren dann auch Gletschersteine. Andrerseits aber zeigt gerade die Gegend von Wasserburg, dass der chaotische Wechsel des Materiales auf einen bestimmten Horizont beschränkt ist, und dass die Glacialformation in ganz regelmässiger Weise aus verschiedenen wolunterscheidbaren Gliedern aufgebaut ist. Allerdings sind diese Verhältnisse hier in der wünschenswerth besten Weise entblösst, sodass mit einem Male alle Glieder überblickt werden können und es unnöthig wird, wie in Norddeutschland, aus einzelnen Bohrprofilen, von denen keines die Mächtigkeit der Wasserburger Profile erreicht, sich die Schichtenfolge zu konstruiren. Dank der mühevollen und fleissigen Untersuchungen von Berendt und Jentzsch sind aber trotz der lokalen Schwierigkeiten in Norddeutschland schon verschiedene Horizonte in der dortigen Glacialformation nachgewiesen. Zwei verschiedene Geschiebelehme, also zwei verschiedene Grundmoränen sind auf grosse Strecken verfolgt und kartographisch aufgenommen worden. Es hiese diesen älteren grundlegenden Arbeiten allen Werth absprechen, wenn neuere Theorien über die Bildung der norddeutschen Geschiebeformation sich nicht auf ihnen aufbauen wollten.

Kapitel XIII.

Untere Glacialschotter der Hochebene.

Bedeutung der Schotter im Isargebiete. Kohlen von Gross-Weil am Kochelsee. Die breiten Strombetten der Hochebene entstehen an der unverletzten Moränenlandschaft. Verbreitung der unteren Glacialschotter unter den Moränen. Verschiedene Entwicklung in den einzelnen Zonen des Gletschergebietes.

Geschichtete Ablagerungen, wie sie in der Gegend von Wasserburg unter den dortigen Moränen auftreten, sind auf der bayerischen Hochebene von ganz allgemeiner Verbreitung. In einer Reihe von Fällen lässt sich ebenso wie am Inn bei Wasserburg nachweisen, dass ihre Bildung erst unmittelbar vor Eintritt der Vergletscherung aufhörte, wodurch ihre Zugehörigkeit zur

Digitized by Google

Glacialformation zwar sehr wahrscheinlich gemacht, aber dennoch nicht bestimmt erwiesen wird. In anderen Fällen aber lässt sich erkennen, dass die Bildung dieser Schotter erst mit dem Anwachsen der Gletscher begann, indem sie sich aus erratischem Materiale aufbauen. Dieser Umstand lässt uns nicht in Zweifel darüber, dass die gedachten Ablagerungen Glieder der Glacialformation sind. Besonders sind es Ablagerungen im Gebiete des Isargletschers, welche in dieser Hinsicht lehrreiche Aufschlüsse gewähren.

In der Gegend von Murnau, und zwar vorzüglich an den Ufern des Staffelsees bis nach Weilheim hin, ferner in dem Loisachthale zwischen dem Eschenloher Moose und dem Kochelsee findet sich allenthalben unter einer sehr wenig mächtigen Bedeckung von Moränenschutt ein horizontal geschichteter, stark gewaschener Schotter. An der Basis desselben tritt mehrfach Bänderthon auf, über welchem bei Gross-Weil am Kochelsee ein Lager diluvialer Kohlen vorkommt. Dieselben bilden ein im Mittel 3 m mächtiges Flötz, welches auf eine Erstreckung von 700 m bergmännisch verfolgt ist. Sie bestehen aus einer mulmigen Masse, in welcher zahlreiche leidlich frisch aussehende Stämme eingebettet sind. GREGOR KRAUS [1]) erkannte darunter Pinus sylvetris L.; ich sah auch Birkenstämme. Vereinzelt finden sich in der Kohle Nadelholzzapfen, ferner Stengeltheile von Equisetum. Einige gesammelte Moose hatte Herr DR. HOLLER in Memmingen die Güte zu bestimmen. Er erkannte Meesa tristicha Funk und Hypnum purum L. Leider geben diese spärlichen Reste durchaus keinen Anhalt, auf das Klima der Periode zu schliessen, während welcher die Kohle entstand. Allein es wird Licht auf dasselbe geworfen durch die Zusammensetzung der 50 m mächtigen Kiesablagerung, welche die Kohle bedeckt. Einen sehr wesentlichen Gemengtheil des Kieses bilden nämlich alpine Urgebirgsgerölle, unmittelbar über der Kohle finden sich solche von über Faustgrösse. Woher kommen diese Urgebirgsgerölle in das Flussgebiet der Loisach, wo selbiges nirgends

[1]) Ueber einige bayerische Tertiärhölzer. Würzburger med. naturw. Zeitschrift. 1865. GÜMBEL (Alpengebirge, p. 804) erwähnt auch Pinus Pumilio.

Digitized by Google

nur im entferntesten an die Centralkette reicht? Wenn wir heute in der Loisach und Isar krystallinische Gesteine aus den Alpen finden, so wissen wir, dass dieselben den Moränen des Isargletschers entnommen sind. Die Schotter der Gegend von Murnau aber sind älter als die dortigen Moränen. Ihre Urgebirgsführung lässt sich nun auf zweierlei Weise erklären. Entweder fand vor ihrer Ablagerung schon eine Vergletscherung statt, aus deren Moränen sie ihr erratisches Material entnahmen, oder sie wurden während des Herannahens jener Vergletscherung gebildet, deren Moränen sie bedecken. Dass in der That vor Ablagerung jener Schotter schon eine Vergletscherung stattgefunden, wird später zu zeigen versucht werden; dennoch aber glaube ich, dass das fragliche erratische Material ausschliesslich jener früheren Vergletscherung zu danken ist. In diesem Falle nämlich müssten diese Urgebirgsgerölle in ähnlicher Menge in jenen Schottern auftreten, wie in den Alluvionen der Isar oder Loisach. Thatsächlich aber sind sie viel häufiger, und die Findlinge sind oft von sehr beträchtlicher Grösse, sodass eine direkte Zufuhr derselben angenommen werden muss. Es ist daher das Wahrscheinlichste, dass während der Ablagerung der fraglichen Schotter ein Geschiebetransport über die nordtiroler Kalkalpen stattfand, wodurch Gesteine der Centralkette in das Flussgebiet der Loisach geschafft wurden. Es muss gefolgert werden, dass die bis über 50 m mächtigen Schotter der Gegend um Murnau abgelagert wurden, als der Inngletscher bereits in das Flussgebiet der Loisach eingedrungen war. Somit erkennen wir in ihnen ein Glied der Glacialformation. Hier wird bis zu einem gewissen Grade bewiesen, was bei Wasserburg nur wahrscheinlich wurde, nämlich dass die unter der Grundmoräne auftretenden Schotter in ihrer Gesammtmächtigkeit Gebilde der Glacialzeit sind. Nun könnte man freilich einwenden, dass jene Schotter durchaus nicht Glacialwirkungen erkennen lassen, dass ihnen durchwegs gekritzte Geschiebe fehlen. Man erinnere sich jedoch der erwähnten Experimente von E. Collomb, sowie der referirten Beobachtungen von L. Agassiz und Charles Martins, welche zeigen, wie vergänglich die gekritzten Geschiebe sind, wie rasch sie von fliessendem Wasser zerstört werden. Wenn wir jene Schotter als glacial bezeichnen, so ist damit

Digitized by Google

noch nicht gesagt, dass sie unmittelbar unter Mitwirkung der Gletscher entstanden. Denn es können Schotter in ziemlicher Entfernung vom Gletscher durch die Gletscherwässer angehäuft werden, und dieselben müssen, zumal wenn sie sich aus erratischem Materiale aufbauen, als Glacialgebilde bezeichnet werden. Von den Ablagerungen der Gegend von Murnau lässt sich nun behaupten, dass sie in der Zeit entstanden, während welcher der vom Inngletscher gespeiste Isargletscher sich bis Murnau verbreitete, sie wurden also während der Glacialzeit angehäuft; sie bestehen ferner aus erratischem Materiale, sie gehören also zur Glacialformation.

Diese eigenthümlichen Beziehungen der die Moränen unterteufenden Schotter von Murnau lassen sich nun für alle jene ausgedehnten Schotterablagerungen nachweisen, welche im Bereiche des Isargletschers unter den Grundmoränen auftreten. Sie alle führen Urgebirgsgerölle, wodurch evident gemacht wird, dass ihre Ablagerung erst begann, nachdem der Inngletscher den Seefelder Pass überschritten hatte, nachdem also die Vergletscherung schon nahe herangerückt war. Man wird nicht zu kühn spekuliren, wenn man dieses Ergebniss auch auf die in anderen Gletschergebieten auftretenden Schotterablagerungen überträgt, welche in ihrem ganzen geologischen Verbande die Schotter des Isargebietes wiederspiegeln, ganz genau an derselben Stelle unter den Moränen auftreten, und wie in der Gegend von Wasserburg mit denselben in innigem Konnexe stehen. Auf Grund dieser letzteren Beziehung lässt sich ihre Zugehörigkeit zur Glacialformation schon vermuthen, der Beweis dafür ist jedoch wegen des schwierigen Nachweises der erratischen Natur ihrer Bestandtheile nicht direkt zu erbringen. Man wird also nicht weit fehlen, wenn man alle die losen Schottermassen, welche die Moränen unterteufen, der Glacialzeit zurechnet und sie dementsprechend als untere Glacialschotter bezeichnet.

Die Verbreitung dieser unteren Glacialschotter wird naturgemässer Weise lebhaft von den bereits gegebenen Terrainverhältnissen beeinflusst, wie es bei jeder fluviatilen Bildung der Fall sein muss. Es ist daher nicht zu erwarten, dass sie in derselben Weise allgemein verbreitet sind wie die Moränen, und dass sie demnach überall unter denselben auftreten. Andererseits aber

Digitized by Google

liegt auf der Hand, dass sie sich nicht lediglich auf das Moränengebiet beschränken, sondern sie werden sich naturgemässer Weise über dasselbe hinaus erstrecken, denn wenn sie von fliessendem Wasser abgelagert wurden, mussten sie durch dasselbe weit über die Gletschergrenzen hinaus verbreitet werden. In der That heben sich an der Nordgrenze der Vergletscherung ausgedehnte Schotterablagerungen unter den Moränen hervor. Aber bemerkenswerther Weise beginnen dieselben nicht an der äusseren Moränengrenze, sondern drängen sich ein Stück weit in das Gletschergebiet hinein genau bis an die unverletzte Moränenlandschaft. So sieht man in den Bogen des Lechgletschers eine breite Schotterfläche bis an die unverletzte Moränenlandschaft eindringen, die äussere Moränenzone des Isar- und Inngletschers wird ebenfalls von breiten Schotterbetten unterbrochen, welche in die Moränen derselben eingesenkt sind, um dann am Beginne der Moränenlandschaft zu enden. Also hier nehmen zahlreiche Strombetten und nun verlassene Wasserläufe ihren Ursprung, in welchen wir die Wege alter Gletscherströme erkennen. Die Schotter dieser Strombetten werden nun von den Endmoränen der unverletzten Moränenlandschaft überlagert.

Nirgends lässt sich dies deutlicher wahrnehmen, als in dem grossen breiten Thale, welchem die Eisenbahn von Kempten nach Memmingen folgt, und welches heute kein seiner Ausdehnung irgend wie würdiges Gewässer birgt. Bei dem Markte Grönenbach besitzt dasselbe eine Breite von über 3 km. Sein Boden ist mit Geröllmassen erfüllt, und in seiner Mitte senkt sich eine kleine Schlucht in diesen Schotter hinein. (Vergl. Skizze Fig. 7.) Wandert man nun von Grönenbach aufwärts, so bemerkt man einen Wall, welcher sich quer durch das Thal zieht, und auf dessen Sohle aufgelagert ist. Und siehe, dieser Wall ist seiner Zusammensetzung nach eine echte Endmoräne, und zwar die nördlichste des Illergletschers! Der Schotter des Thalbodens, durch die erwähnte Schlucht in 20 m Mächtigkeit entblösst, bildet das Liegende dieser Moräne, er ist unterer Glacialschotter.

Ungefähr parallel mit dem erwähnten Thale verläuft das der westlichen Günz. Auch dieses ist mit Schottermassen erfüllt, welche sich unter echten Moränenbildungen fortziehen, und zugleich

Digitized by Google

durch ihre Führung von gekritzten Geschieben ihre Zugehörigkeit zur Glacialformation erweisen. (Vergl. Taf. II Fig. 7.) Im Thale der östlichen Günz treten gleichfalls mächtige Schotterablagerungen auf, welche unweit Ober-Günzburg sich unter die äussersten Endmoränen verlieren. Weiter östlich erreicht das Mühlbachthal die Endmoräne. Dasselbe ist bei Friesenried, an der Strasse von Kempten nach Kaufbeuern, von mächtigen Schotterablagerungen erfüllt, und wenig oberhalb des genannten Dorfes lagert über den letzteren die äusserste Endmoräne. In deutlichster Weise werden diese Verhältnisse in den Thälern der Wertach und des Lech offenbart. In beiden finden sich nahe der Moränengrenze Terrassen; verfolgt man dieselben nach dem Gletschergebiete hin, so bemerkt man, wie ihr Material gröber und gröber wird; kopfgrosse, über Fuss

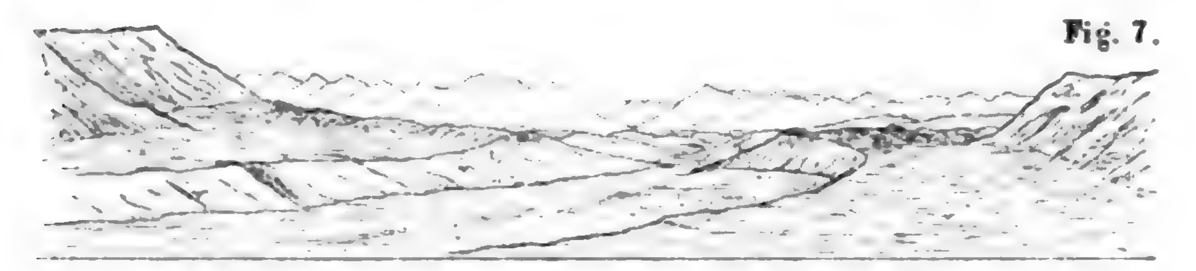


Fig. 7.

Endmoräne im Memminger Trockenthale oberhalb Grönenbach.

v Terrasse der unteren Glacialschotter. vv Endmoräne.

in Durchmesser haltende Geschiebe werden häufig, schliesslich findet man einige gekritzte Geschiebe, und unweit davon sieht man über dem Schotter einen Moränenwall sich erheben. Man betritt die Moränenlandschaft, und in den tief einschneidenden Thälern bemerkt man, dass die Schotter der Terrasse sich weit unter den Moränen fortsetzen; die Gegend von Kaufbeuern an der Wertach und von Schongau am Lech zeigen diese Verhältnisse sehr gut; bei Buchloe und Landsberg sieht man dann die Terrassen sich in den Thalboden verflachen; das berühmte Lechfeld liegt auf dem äussersten Ende einer Terrasse von unterem Glacialschotter.

Kurz, alle die südlichen Ausläufer des verwickelten Fluss- und Thalsystems von bayerisch Schwaben nehmen ihren Ursprung an der nördlichen Grenze der Moränenlandschaft. Es finden sich hier in ihnen beträchtliche Schotterterrassen, welche unter die

äussersten unzerstörten Endmoränen einfallen, wie Fig. 7 Taf. II zeigt, welche thalabwärts dagegen allmählich sich in den Thalboden verflachen. Die Thäler Schwabens sind also mit dem unteren Glacialschotter erfüllt, und derselbe lässt sich in ihnen bis zur Donau verfolgen. Alle diese Thäler zeichnen sich durch ihre Breite aus, sowie durch den Umstand, dass sie vielfach miteinander zusammenhängen und ineinander greifen. Es fehlen ihnen grössere Flüsse. Sie machen den Eindruck, als ob sie früher tiefer gewesen seien, und dann erst bis zu einer gewissen Höhe mit Schottern erfüllt worden wären. Dies dürfte sowol ihre Breite als auch ihren Zusammenhang untereinander erklären, denn der Umstand, dass sie mehrfach ineinander greifen, dass sich das Mindelthal z. B. in das Lechthal fortsetzt, lässt sich nur durch die Annahme deuten, dass alte Thalrinnen mit Schottern so weit erfüllt wurden, bis sich die Wasserscheiden verwischten. Eine gleiche Auffüllung möchte man fast vom Donauthale unterhalb Ulm behaupten, wo sich an den Ufern des Flusses breite, moortragende Schotterflächen ausbreiten. Die unteren Glacialschotter dürfen als Ausfüllungsmaterial dieser Thäler angesehen werden.

Eine ganz besonders grossartige Entwickelung besitzen die unteren Glacialschotter zwischen den Bogen des Inn- und Isargletschers. Sie bilden die oberste Lage der mehrere Hundert Quadratkilometer messenden Hochfläche, in deren Mittelpunkt München liegt. Dem Auge erscheint diese Hochfläche als Horizontalebene, thatsächlich aber steigt sie nicht unbeträchtlich an. Sie erreicht ihren höchsten Punkt in der Gegend von Holzkirchen zwischen Inn- und Isargletscher; von hier fällt sie nach der Art eines flachen Kegels ab. Die Höhenverhältnisse erweisen dies auf das Bestimmteste. In der Mitte besitzt sie bei München ein höheres Niveau als an ihren Rändern, wie die Nivellements der Eisenbahn Augsburg—München—Wien zeigen.

Diese Schotterfläche drängt sich in mehreren Armen in das Moränengebiet hinein bis an die äussersten unverletzten Endmoränen, unter welche sie einfällt, Es unterliegt darnach keinem Zweifel, dass die Oberfläche der Münchener schiefen Hochebene von den unteren Glacialschottern gebildet wird. Diese Ablagerungen senken sich nordwärts bis in die Thalsohle der Isar, wo sie sich

Digitized by Google

mit deren rezenten Anschwemmungen vermischen. Sie sind deshalb nicht mehr als Glacialgebilde weiter zu verfolgen, obgleich es wahrscheinlich ist, dass sie unter dem Alluvium sich bis zur Donau ziehen. Es lässt sich daher vom Thale der Isar, wie von den Thälern Schwabens sagen, dass es mit glacialen Schottern erfüllt ist.

Dass endlich auch am Inn sich sehr beträchtliche Schottermassen unter den äussersten Moränen befinden, ist schon ausführlich auseinandergesetzt worden. Hier möge nur noch erwähnt werden, dass die Schotterablagerungen, welche sich in der Gegend von Gars unter den äusseren unverletzten Moränen hervorheben, am Inn aufwärts unter den Moränen bis Rosenheim zu verfolgen sind, thalabwärts sich dagegen als Terrassen, anfänglich von beträchtlicher Höhe, fortziehen, und sich dann auch in die Thalsohle verflachen. Dieses geschieht in der Gegend unterhalb Simbach, also noch oberhalb jenes engen Thales, in welchem der Inn in das Urgebirge eintritt. Dasselbe erscheint demnach als eine alte präglaciale Rinne.

So sehen wir überall an der Nordgrenze der unverletzten Moränenlandschaft sich enorme Schotterablagerungen unter den Moränen hervorheben. Die Zusammensetzung dieser Schotter im Isargletschergebiete und ihr Konnex mit glacialen Schichten liess uns schliessen, dass sie zur Glacialzeit entstanden, und darauf deutet auch ihre Lage. Wir fanden, dass sie die Thäler des bayerischen Schwabens erfüllen, wir sahen sie in grosser Mächtigkeit als Terrassen an der Iller, der Wertach und am Lech; wir bemerkten sie als Decke über die Münchener schiefe Hochebene gebreitet, wir erkannten sie in grosser Mächtigkeit an den Ufern des Inn.

Betreffs dieser Verbreitung kann vielleicht nur auffallen, dass in bayerisch Schwaben die unteren Glacialschotter auf die Thäler beschränkt sind, während sie um München deckenförmig sich ausbreiten. Dieser Gegensatz ist nur ein scheinbarer. In Schwaben war vor der Ankunft der Gletscher bereits ein Thalsystem gebildet, ein solches fehlte dagegen, wie auch heute noch, in der Umgebung von München. In Schwaben wurden daher die Schotter in den Thalläufen konzentrirt, bei München über eine Hochebene verbreitet, an beiden Orten aber sind sie angehäuft.

Man würde sich sicher eine falsche Vorstellung von der Entwickelung der unteren Glacialschotter machen, wenn man lediglich die Ablagerungen in Betracht ziehen wollte, welche an der äusseren Grenze der unverletzten Moränenlandschaft ihren Ursprung nehmen. Es könnte dann nämlich scheinen, als ob den diluvialen Gletschern nur während ihrer Maximalentwickelung grosse Ströme entflossen seien, eine Annahme, die in der That mehrfach geäussert worden ist. Thatsächlich aber ist das Gegentheil erwiesen. Mächtige Schotterablagerungen finden sich in ausgedehnter Weise unter den Moränen entfaltet, wenn sie auch, wie bereits erwähnt, als fluviatile Gebilde sich in ihrem Auftreten auf tiefere Punkte beschränken müssen. Allerdings wird ihre Verbreitung durch die hangenden Moränen stark verschleiert und topographisch wird dadurch der Charakter alter Strombetten völlig verwischt. Nur wo tiefe Thäler die Moränen durchschneiden, kann man daher erwarten, jene Schotter zu finden. In der That werden sie durch die schluchtenartigen Rinnen der Iller, der Wertach, des Lech und des Inn unter den Moränen der Moränenlandschaft entblösst, und überall stehen sie mit den Moränen in einem solchen Konnex, wie er aus der Gegend von Wasserburg ausführlich beschrieben wurde.

Verfolgt man freilich jene Thäler weiter in das alte Gletschergebiet hinein, so sieht man die unteren Glacialschotter allmählich schwinden, und je mehr man sich der centralen Depression nähert, desto mehr treten sie zurück, bis sie endlich fehlen. Auf den ersten Blick möchte es daher fast scheinen, als ob die unteren Glacialschotter der Zone der unverletzten Moränenlandschaft eigenthümlich wären, dass sie nur an deren Basis entwickelt seien und solchergestalt die Ursache wären, warum die Zone der unverletzten Moränenlandschaft sich wie ein Wall um die centrale Depression zieht. Allein wenn man die Mächtigkeit der unteren Glacialschotter berücksichtigt, so ergibt sich, dass sie im Vereine mit den peripherisch stark angeschwollenen Moränenwällen noch keineswegs die ringförmige Umwallung der centralen Depression bedingen können. So sieht man unterhalb Wasserburg unweit Gars untere Glacialschotter und Moränen in 70 m Mächtigkeit aufgeschlossen; die Peripherie des Inngletschergebietes liegt aber im Mittel 120 m höher als dessen Centrum bei Rosenheim, und

Digitized by Google

dieses letztere ist vermuthlich bis zu einer höchst beträchtlichen Tiefe mit jüngeren Gebilden nachträglich aufgefüllt worden. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes lässt sich selbst sagen, dass die Sohle der unteren Glacialschotter höher liegt als die centrale Depression des Gletschergebietes. Dies gilt auch von den unteren Glacialschottern des Ammerthales unterhalb der centralen Depression des Ammersees und namentlich auch von denen im Würmthale am Abflusse des Würmsees, deren Sohle sichtlich über dem Spiegel dieses 120 m tiefen Sees lagert. Ausserdem ist aber wol zu beachten, dass die unteren Glacialschotter hie und da auch im Bereiche der centralen Depression auftreten, allerdings unter Verhältnissen, welche wenig Analoga mit denen im Gebiete der unverletzten Moränenzone bieten. Es ist bereits der Schotter von Murnau gedacht worden. Dieselben liegen in der centralen Depression, und ihre Zugehörigkeit zu der Glacialformation wird durch ihre Führung erratischer Urgebirgsgerölle erwiesen. Sie werden von nur sehr wenig mächtigen Moränen bedeckt. Gegen letztere hin nehmen sie keine gekritzten Geschiebe auf, sie treten mit denselben nicht, wie bei Wasserburg, in Wechsellagerung, vielmehr werden sie diskordant von den hangenden Moränen abgeschnitten. Hier also sind sie unter den Moränen erodirt, während hingegen in der unverletzten Moränenlandschaft eine vollkommene Konkordanz zwischen Schottern und Moränen nachweisbar ist, und wie die Wasserburger Aufschlüsse lehren, die Moränen ganz regelmässig über den unteren Schottern angehäuft wurden.

Auf Grund dieses Ergebnisses wird man leicht einsehen, warum im Bereiche der centralen Depression das Auftreten der unteren Glacialschotter ein sehr lokales, ein lückenhaftes ist. Man wird dasselbe durch die Annahme einer Erosion leicht erklären können, und dementsprechend in der bereits geäusserten Anschauung bestärkt werden, dass die centrale Depression ein Erosionsgebiet ist.

Die verschiedenen Zonen, welche wir innerhalb des alten Gletscherbezirkes in einem früheren Abschnitte unterschieden haben, geben sich also auch in der Vertheilung der unteren Glacialschotter zu erkennen. Dieselben dringen als breite Strombetten in die äussere Zone, die der verwaschenen Moränenlandschaft ein. Sie werden dann in der unverletzten Moränenland-

Digitized by Google

schaft konkordant von Moränen bedeckt, im Bereiche der centralen Depression sind sie nur lokal nachweisbar und unter den hangenden Moränen erodirt. Was wir über die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Zonen gewannen, findet sich wieder bestätigt. Die äussere Zone verhält sich gegenüber den unteren Glacialschottern ganz passiv, dieselben erscheinen in sie eingesenkt, sie ist älter als dieselben, wohingegen die Moränen der beiden inneren Zonen die Schotter überlagern und somit jünger als dieselben sind. Die unteren Glacialschotter wurden zwar überall im Moränengebiete angehäuft, aber im Umkreise der centralen Depression ist ihre Verbreitung durch nachträgliche Erosion sehr beschränkt, und jene Depression erscheint demnach als ein Erosionsgebiet gegenüber den beiden äusseren Zonen, wo Moränen und Schotter mächtig angehäuft wurden.

Späteren Abschnitten sei die eingehende Würdigung aller dieser Punkte vorbehalten. Zunächst haben wir zu untersuchen, ob auch in den Alpenthälern eine mächtige Geröllanhäufung der Vergletscherung vorausging.

Kapitel XIV.

Untere Glacialschotter des Gebirges.

Terrasse des Innthales. Allgemeiner Bau derselben. Untere Schotter. Konnex derselben mit den Moränen. Beziehung zu den unteren Glacialschottern der Hochebene. Die Innnthalterrasse drängt sich in das Jenbach-, Brandenberger und Achenseethal. Absperrung des Achensees durch die Terrasse. Analogien mit dem Plansee, Val Gandino und Seen des Moselthales. Spärliche recente Analogien. Zusammensetzung der unteren Schotter im Isargebiete bei Leutasch, Mittenwald, Tölz, Murnau und Jachenau. Kreide von Mittenwald, Tölz und Wallgau. Untere Schotter glacialen Ursprungs und glacialen Alters. Unregelmässigkeiten in ihrer Vertheilung. Zerstückelung der Terrasse.

Eine prächtige Terrasse zieht sich an den Ufern des Inns in den Alpen entlang. Bis zu einer Höhe von 400 m schwillt sie über dessen Spiegel an. Ihre Breite beträgt bis 4 km. Eine Reihe von Ortschaften krönt ihre Höhe, und Strassen verlaufen auf ihr, räumlich nicht weit von den Wegen der Thalsohle entfernt, aber hoch über denselben. Bei nebligem Wetter scheint sie das Thalgehänge zu bilden, Wolken lagern dann auf ihr und verhüllen die

Digitized by Google

gewaltigen Erhebungen der eigentlichen Thalwandung. Es is dies das Mittelgebirge des Innthales.

Vor dem Punkte an, wo das Innthal unser Gebiet betritt, ist diese Terrasse entwickelt. Das mehrfach schon erwähnte Massiv des Tschirgant, jene Bergmasse mitten im Thalwege des Inns erhebt sich aus ihr. Sie ist zwischen demselben und den nördlichen Kalkalpen fast unverletzt erhalten. Das Gurglthal zwischen Nassereith und Imst schneidet nur wenig in sie ein, und unter dem Schutze eines Ausläufers des Tschirgant zieht sie sich in einer Breite von 4 km am linken Innufer bis Telfs. Ihr höchster Punkt, nämlich die Höhe der Strasse zwischen Nassereith und Telfs bei Holzleithen, liegt 440 m über dem Inn. Weiter thalabwärts ist die Terrasse am rechten Ufer dieses Flusses entfaltet, und besonders an der Einmündung des Sillthales bei Innsbruck tritt sie scharf in der Thalscenerie hervor. Ihre dunkel bewaldeten Abböschungen kontrastiren scharf mit den lichten Matten und Alpen der eigentlichen Thalgehänge, und sie hebt sich dadurch sehr deutlich von denselben ab. Ihre mit Feldern bedeckte Höhe war einst der Schauplatz der erbitterten Kämpfe zwischen Bayern und Tirolern im Jahre 1809, und von hier aus organisirten sich die Angriffe der Bergbewohner auf Innsbruck. Weiter thalabwärts tritt die Terrasse wieder auf das linke Ufer des Flusses. Der östlich von Hall sich ausdehnende Rücken des Gnadenwaldes bildet ihre Fortsetzung. Sie erhebt sich hier 300 m über den Inn. Besonders von Innsbruck aus gesehen tritt der Terrassencharakter dieses Rückens sehr klar hervor. Unterhalb des Gnadenwaldes verliert sich diese zusammenhängende Terrasse. Es treten nur einzelne, zerstückelte Rudimente auf. So z. B. in der Gegend von Jenbach am Ausgange des Achenseethales, und weiter abwärts in der Gegend von Walchsee unterhalb Kufstein.

Ich muss bedauern, dass es mir nicht möglich war, diese ausgedehnte Terrasse mit einer ihrer würdigen Ausführlichkeit zu untersuchen. Ich musste mich beschränken, sie an wenigen Punkten zu kreuzen. Ich erkannte dabei jedoch überall denselben Aufbau. Sie besteht zum grössten Theile aus Schottern, Kiesen, Sanden und Bänderthonen, welche an ihren Abböschungen ausstreichen. Darüber folgen Grundmoränen in schwankender Mächtigkeit, die

Digitized by Google

Höhe der Terrasse bildend. Darauf lagern lokal abermals Schotter. Sie zeigt also genau denselben Aufbau wie die Glacialformation der Hochebene in ihrer Gesammtheit. Am Abfalle der Terrasse streichen die unteren Schotter aus. So bestehen die Gehänge des Gnadenwaldes bei Hall lediglich aus Schottermassen, deren Mächtigkeit sich auf 300 m berechnen lässt. Entblössungen von 80 m Höhe im Farbenthale, sowie von über 100 m Höhe im Kasbachthale bei Jenbach, lassen den Aufbau dieser Ablagerung erkennen. Sie setzt sich aus horizontalen Kies- und Geröllbänken mit eingeschalteten sandigen Schichten zusammen. Erst auf der Höhe der Terrasse, dicht an der Thalwand stellen sich Grundmoränen ein. In manchen Fällen, wie z. B. im Gnadenwalde und am Kasbachthale, welches in die Terrassenreste von Jenbach einschneidet, kann man daher in Zweifel sein, ob diese am Rande der Terrasse auftretenden Moränen wirklich in deren Hangendes gehören, oder ob sie nicht vielleicht deren Liegendes darstellen, welches sich am Thalgehänge unter den Schotter hervorhebt. An anderen Stellen dagegen ist die Ueberlagerung der Grundmoränen über das Terrassenmaterial deutlich zu sehen. Selten nur sind über diesen Moränen abermals Schotter entwickelt.

Die unteren Schotter ziehen sich in den meisten Fällen bis zur Thalsohle herab, und ihr Liegendes ist hier nicht entblösst. Beachtenswerth ist, dass Pichler[1]) unweit der Mühlauer Kettenbrücke bei Innsbruck in ihren tiefsten Lagen ein Lager diluvialen Torfes entdeckte, dass ferner ihre untersten Horizonte bei Arzl unterhalb Innsbruck durch sehr mächtige Bänderthonmassen charakterisirt werden.

Die Ueberlagerung der Grundmoränen über diese Schotter ist, wie erwähnt, nur an wenigen Stellen unmittelbar wahrzunehmen. Ich konnte sie bei Nassereith, bei Innsbruck und unweit Walchsee im Thale des Jenbach beobachten; bei Innsbruck fand sich ein ähnlicher Konnex zwischen den Schottern und der Moräne, wie er bei Wasserburg erkennbar ist. Nördlich der tiroler Hauptstadt nämlich erscheint ein kleiner Rest der Terrasse über der dort

[1]) Beiträge zur Geognosie Tirols. Dritte Folge. p. 47. Separatabdruck aus d. Zeitschr. d. Ferdinandeums Innsbruck.

Digitized by Google

entwickelten, später eingehend zu besprechenden rothen Breccie, welcher von mehreren Schluchten durchfurcht wird. Im Höttinger Graben sieht man nun über der rothen Breccie zunächst einen alten Schuttkegel, darüber Schotter in 20—30 m Mächtigkeit, auf welchen Moränen lagern. Es zeigt sich, dass die letzteren kein bestimmtes Niveau einnehmen, sondern in verschiedenen Horizonten auftreten, wie aus Fig. 3 Tafel II entnommen werden kann. Schotter und Moränen vertreten sich hier gegenseitig, ganz wie bei Wasserburg, sie wechsellagern stellenweise mit einander (Profil III Fig. 3 Tafel II), und es geht hieraus hervor, dass die obersten Partien der Schotterablagerung sich unmittelbar vor, oder vielleicht schon unter dem Eise anhäuften. Es ging also wie auf der bayerischen Hochebene auch im Innthale der Ablagerung der Moränen unmittelbar eine Schotteranhäufung voraus. Diese Schotter zeigen an beiden Orten eine hervorragende Aehnlichkeit in ihrem Aufbau. Auf der Hochebene gehen sie nach oben in Moränen über, in ihren liegenden Partien, wie bei Wasserburg und zwischen Eschenloher Moos und Kochelsee, enthalten sie Lager diluvialer Kohle, und genau ebenso verhält es sich mit denen des Innthales bei Innsbruck. Man hat es also mit zwei ganz gleich zusammengesetzten Ablagerungen zu thun, welche beide unmittelbar vor der Vergletscherung der betreffenden Gegenden gebildet wurden. Man darf daher nicht anstehen, sie als analog zu bezeichnen. Allerdings darf man sie nicht als absolut gleichalterige Gebilde auffassen; denn da im Innthale die Vergletscherung eher eintrat, als auf der Hochebene, so musste hier im Gebirge die Schotterablagerung eher aufhören als auf dem alpinen Vorlande. Während die Schotter der Gegend von Murnau erst abgelagert wurde, nachdem der Inngletscher den Seefelder Pass schon überschritten hatte, war um dieselbe Zeit am Fusse jenes Passes die Anhäufung von einem 200 m mächtigen Schottersysteme beendet; denn ein solches wird hier von den Moränen bedeckt.

Die unter den Moränen auf der Hochebene auftretenden Schotter erwiesen sich als Glacialgebilde in doppeltem Sinne, einmal weil sie während des Herannahens der Vergletscherung gebildet wurden, dann aber auch, weil sie sich durch ihre Zusammensetzung,

Digitized by Google

dort wo dies zu erweisen möglich war, als die Ablagerungen von Gletscherwässern offenbarten. Es liegt nun nahe, dieses Ergebniss auch auf die liegenden Schotter der Innthalterrasse zu übertragen. In der That, wenn ihre Ablagerung erst mit dem Eintreten der Vergletscherung endete, so mussten sich ihre obersten Partien wenigstens beim Herannahen der Vereisung, also schon während der Glacialzeit bilden. Allein sie brauchten deswegen bei weitem noch nicht Glacialgebilde ihrer Zusammensetzung nach zu sein, es ist deswegen noch nicht nöthig, dass sie von Gletscherwässern abgelagert wurden. Es ist möglich, dass die Vergletscherung der Alpen eingeleitet, vielleicht selbst bedingt wurde durch eine Zeit ausserordentlich reichlicher Niederschläge, welche von den Bergen enorme Schuttmassen in die Thäler in Form von Schottern schwemmten. In diesem Falle würde die Schotteranhäufung auch erst mit dem Eintritte der Vergletscherung geendet haben; dann aber mussten sich in allen Thälern Schotter sammeln, welche lediglich aus dem Gesteinen der Einzugsgebiete jener Thäler stammen. Im anderen Falle hingegen, wenn die Schotter von Gletscherwässern angehäuft wurden, müssen sie aus erratischem Materiale zusammengesetzt werden. Um also zu erweisen, ob die Schotter in mittelbarem oder unmittelbarem Konnex zu den übrigen Glacialgebilden stehen, ob sie glacialen Ursprungs sind oder nicht, heisst es ihre Zusammensetzung in jenen Thälern studiren, wo erratische Gesteine leicht nachweisbar sind, vornehmlich also da, wo Gletscher in fremde Flusssysteme eindrangen, und hierfür bietet unser Gebiet, wie oben gezeigt, eine Menge von Beispielen.

Zunächst lässt sich nun bei Behandlung dieser Frage konstatiren, dass sich die Terrasse des Innthales in jene Thäler der Kalkalpen drängt, durch welche der Inngletscher nach Norden vorschritt. Es können hierbei überhaupt nur drei Thäler in Betracht kommen; denn nur so viele jener Pässe, durch welche der Inngletscher nordwärts vordrang, senken sich in die Höhe der Innthalterrasse; es sind dies das Jenbachthal bei Walchsee, das Thal der Brandenberger Ache und das des Achensees.

Sehr trefflich ist die Innthalterrasse im Jenbachthale unterhalb Kufstein aufgeschlossen, wie man am Wege nach Walchsee sieht. Man beobachtet hier bis 150 m über dem Inne und mehrere

Digitized by Google

Kilometer von demselben entfernt, horizontal geschichtete Innschotter und darüber Moränen. Dasselbe sieht man am Abflusse des Walchsees, welcher nach Osten zu in das Thal der Chiemsee-Achen fliesst. Auch hier findet man Innschotter, sodass wol anzunehmen ist, der Inn habe das Walchseethal einmal durchflossen, und hier die Ablagerung eigener Thalschotter gehindert hat.

In enger Klamm naht sich die Brandenberger Ache dem Inn. Hat man diese Schlucht durchschritten, so erreicht man ein weites, flaches, in die Berge eingesenktes Becken, in welchem zahlreiche Höfe und Weiler zerstreut sind. Dies ist die Gemeinde Brandenberg. Die Ache durchströmt das Becken in einem tiefen Thale, und durch Entblössungen an ihren Gehängen ergibt sich, dass der Boden des Beckens von ganz denselben Materialien zusammengesetzt wird wie die Terrasse des Innthales. Es sind horizontal geschichtete Innschotter, Kiese und Sande, welche bis zu 200 m Mächtigkeit anschwellen, und sich 400 m über den Innspiegel erheben. Bis zum Kaiserhause konnte ich diese Schotter verfolgen. Hier schaltet sich ihnen ein Bänderthonlager ein. Die Horizontalität in der Lagerung dieser Innschotter macht zweifellos, dass es Partien einer alten Innterrasse sind, welche sich hier in das Brandenberger Thal drängten, denn nur unter der Annahme, dass der Boden des Innthales allmählich erhöht wurde, und dass sich diese Erhöhung auch im Seitenthale geltend machte, kann das Zustandekommen horizontal geschichteter Schotter im letzteren erklärt werden. Im Innthale gehört nun die Hauptmasse der Terrasse in das Liegende der Moräne, und so möchte ich auch die fast 200 m mächtigen Schotter von Brandenberg hierher rechnen, wenngleich ich bei meiner vom Wetter sehr wenig begünstigten Durchwanderung der Gegend keine dies bestätigenden Beobachtungen machte. Unter dieser Annahme ergibt sich, dass es also auch im Thale der Brandenberger Ache vor Eintritt der Vergletscherung nicht zur Bildung eines eigenen Schotters kam.

An einer früheren Stelle ist bereits von der merkwürdigen Lage des Achensees die Rede gewesen. Nur 4 km vom Inn, 400 m über demselben gelegen und durch einen nur 5 m über seinen Spiegel sich erhebenden Damm von den Zuflüssen des Inn getrennt, entsendet der Achensee seine Gewässer quer durch die

Digitized by Google

nordtiroler Alpen nach der Isar. Ueberraschender noch als diese hydrographische Thatsache ist aber die Zusammensetzung jenes Dammes, welcher den 130 m tiefen Achensee vom Innthale trennt. Die tiefe Schlucht des nach dem Inn führenden Kasbaches entblösst dessen Aufbau sehr deutlich, und zeigt, dass diese Barre aus ganz denselben Materialien wie die Terrasse des Innthales besteht. Da treten gewaschene, horizontal geschichtete Schotter, fast ganz aus Urgebirgsgeschieben bestehend, auf, da finden sich Sande und mehr oder weniger fette Bänderthone. Nirgends streicht im Bachbette älteres Gestein aus, und ich vermag nicht die Beobachtungen von E. von Mojsisovics[1]) zu bestätigen, dass ein älterer, angeblich tertiärer Schotter den Achensee abdämmt. Es sind lediglich die Materialien der Innthalterrasse, welche den Achensee vom Innthal absperren. Denkt man sich dieselben entfernt, so würde sich an Stelle des heutigen Achensees ein tiefes Thal nach dem Inne senken.

Es würde daher hier einer jener Fälle vorliegen, in welchen ein Thal derart zugedämmt worden ist, dass es sich in einer ganz andern Richtung als ursprünglich entwässern muss. Aehnliches wird aus den Vogesen und Pyrenäen berichtet. Schon Hogard[2]) erkannte, dass der See von Gerardmer in den Vogesen durch Abdämmung eines Thales entstanden ist, und dass derselbe in ein Thalsystem entwässert wird, zu welchem er seiner Lage nach nicht gehört. Dasselbe berichtet Grad[3]) von dem See von Lourdes in den Pyrenäen. In diese Kategorie gehört auch der bekannte kleine Märjelen-See, welcher durch den Aletschgletscher für gewöhnlich gehindert wird, sich in der normalen Richtung zu entwässern, und seinen Abfluss in ein fremdes Thal senden muss. Die Terrassen des Glen Roy in Schottland legen, wie Agassiz[4]) zuerst überzeugend nachgewiesen hat, davon Zeugniss ab, dass früher ein

---

[1]) Beiträge zur topischen Geologie in den Alpen. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt. XXI. 1871. p. 181. 198.

[2]) Coup d'oeil sur le terrain erratique des Vosges. 1848. Cap. IX.

[3]) Description des formations glaciaires de la chaîne des Vosges en Alsace et en Lorraine. Bull. Soc. géol. de France. S. III. t. I. 1871/72. p. 88.

[4]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinburgh new philos. Journal. Bd. 65/66. 1842. p. 217. 236.

Digitized by Google

Gletscher das Thalsystem des Glen Roy abgedämmt hat, sodass sich hier Seen bildeten, welche in fremde Thäler entwässert wurden. Während es nun aber in den beiden ersten Fällen Moränen sind, welche die Seen aufstauen, während in den beiden andern Beispielen Gletscher Thäler abdämmen oder abgedämmt haben, wird das Achenthal durch enorme Schotterablagerungen abgesperrt. Der Achensee ist ein durch die anhäufende Thätigkeit des rinnenden Wassers abgedämmtes Seitenthal des Inns, keineswegs ein Clusensee wie von Hochstetter[1]) behauptet.

Die Zusammensetzung des Dammes, welcher den Achensee vom Innthale absperrt, spricht zu Gunsten dieser Ansicht. In

Profil vom Achensee nach Jenbach durch den Damm des Achensees.

Höhe : Länge 4 : 10, Höhe 1 : 10,000. Die beobachteten Profile sind stark schraffirt.

A Horizontaler Schotter der Innthalterrasse. *B* Horizontaler Bänderthon und Sand (Alter Seegrund). *C* Schräg geschichteter Schotter (Altes Delta). *D* Oberer horizontaler Schotter.

seinen unteren Abtheilungen besteht der Damm aus horizontal geschichtetem Kies. (Vergl. *A* Fig. 8.) Darüber lagert sich, genau in der Höhe des Seebodens, horizontal geschichteter Bänderthon. (*B* Fig. 8.) Ueber demselben folgt grober Schotter, welcher unter einem Winkel von 30° nach dem See geneigt ist, und zwar lagert derselbe derart, dass in dem Maasse, wie man sich dem See nähert, sein unteres Niveau ansteigt. (*C* Fig. 8.) Ueber diesem

[1]) Hann, Hochstetter und Pokorny, Allgemeine Erdkunde. 3. Aufl. 1881. p. 334.

geneigten Schotter lagert abermals horizontal geschichteter (*D* Fig. 8), und ich konnte mich durch barometrische Messungen vergewissern, dass der steilgeneigte Schotter sich nirgends wesentlich über den Seespiegel erhebt. Einen solchen Aufbau muss aber die durch Flussanschwemmungen bewirkte Absperrung eines Thales haben, falls durch dieselbe ein See erzeugt wird.

Es begannen sich im Innthale Schotter anzuhäufen, solches aber geschah nicht in jenem alten Seitenthale des Inn, das nun durch den Achensee angedeutet wird. Es bauten sich daher die Innschotter ein Stück weit in das Achenseethal hinein. So entstanden die untersten horizontalen Schotter (*A* Fig. 8). Aber die Schotteranhäufung hielt im Nebenthale nicht gleichen Schritt mit der des Hauptthales, die Anschwemmungen wuchsen im letzteren derart, dass sie schliesslich einen Damm vor dem Seitenthale bildeten, wodurch in demselben ein See erzeugt wurde.

Auf Grund dieses Sees lagerten sich die demselben im Wasser suspendirt zugeführten Theilchen ab. Die horizontal geschichteten Thone und feinen Sande (*B* Fig. 8) repräsentiren diesen alten Seegrund. Doch im Hauptthale dauerte die Schotteranhäufung fort. Höher und höher wurde der Damm vor dem See, und natürlicher Weise hatte derselbe auch das Bestreben, nach dem letzteren zu sich auszudehnen. Allein in dem ruhigen Wasser konnten die Gerölle nicht mehr horizontal abgelagert werden, wie ein Delta baute sich der Damm in das durch ihn gestaute Wasserbecken, und so kommt es nun, dass sich über dem alten Seegrunde schräg geschichtete Kiese finden (*C* Fig. 8), über welchen, die jeweilige Dammhöhe andeutend, horizontale Schotter (*D* Fig. 8) lagern. Diese Abdämmung führte nun endlich dahin, dass der See soweit aufgestaut wurde, um sich durch das heutige Achenthal entwässern zu können. Dann erhielt er ein konstantes Niveau, sein Spiegel wuchs nicht mehr mit der Terrasse des Innthales, und hieraus erklärt sich, warum die schräg geschichteten Schotter sich nicht bis über ein bestimmtes Niveau erheben.

Die Absperrung des Achensees durch die Schotter der Innthalterrasse lehrt, dass dieselben in dem Achenseethale nordwärts zu dringen versuchten und dass es hier nicht zur Bildung eigener Schotter kam. Im Achenseethale liegen die Verhältnisse also

Digitized by Google

ganz entsprechend wie im Brandenberger Thale. In beide baute sich die Innthalterrasse hinein, welche, wie wir erkannten, grösstentheils während der herannahenden Vergletscherung angehäuft wurde. Allein es drängt sich die Frage auf, warum wurde denn das Achenseethal in einen See verwandelt, über welchen die Innschotter nicht nordwärts schreiten konnten, während sie das Brandenberger Thal ganz erfüllten und hier keinen See erzeugten? Ist auch heute ein solcher hier nicht vorhanden, so gibt es doch Spuren von der früheren Existenz eines solchen. Unweit des Kaiserhauses, an der Vereinigung des Ellbaches mit der Brandenberger Ache sah ich horizontal lagernde Thone, einen alten Seegrund, und darüber schräggeneigte Schotter — ein altes Delta. Es wird eine lohnende Aufgabe sein, diese Ablagerungen weiter zu verfolgen; besonders zu untersuchen, ob sie auch im Brandenberger Thale, wie zu erwarten ist, vorhanden sind. Einstweilen sei nur darauf hingewiesen, dass alle Pässe, welche aus dem Brandenberger Thale in benachbarte Entwässerungsgebiete führen, höher als der Spiegel des Achensees liegen. Das Wasser musste hier also höher aufgestaut werden als im Achenseethale, um nach Norden überfliessen zu können. Es fragt sich, ob die Anhäufung der Innschotter genügte, um dies bewirken zu können.

Der Fall, dass durch die anhäufende Thätigkeit des Wassers ein See abgedämmt wurde, steht in unserm Gebiete nicht vereinzelt da. In dem verzweigten Thalsysteme zwischen Lech und Isar liegt der Plansee. Derselbe empfängt von Süden einen Zufluss aus dem Hinterthorenthale. Nach Westen wird er durch den Archbach entwässert, dieser Abfluss legt in seinem Bette kontinuirlich festes Gestein bloss, wodurch hier eine massive Barre des Sees angedeutet wird. Niedrige Pässe öffnen ferner von Nord und Ost einen leichten Zugang zum Plansee. Während aber der nördliche einen felsigen Grund besitzt, ist nach Osten der Plansee lediglich durch ein Lager glacialen Schotters abgesperrt. Derselbe steigt nur wenige Meter über den Seespiegel an, wird aber durch das Waiderachthal ein Stück weiter ostwärts in 70 m Mächtigkeit entblösst. Hier zeigt sich, dass er horizontal geschichtet ist, und einige ihm eingebettete gekritzte Geschiebe verrathen seinen glacialen Ursprung. Würde dieses Schotterlager

Digitized by Google

entfernt, so würde der See nach Osten zur Loisach abfliessen, ja vielleicht ganz trocken gelegt werden. Wie freilich und unter welchen Umständen die Schotter abgelagert wurden, darüber fehlt mir jedes Urtheil. Jedenfalls besteht zwischen diesem Damme und dem des Achensees der grosse Unterschied, dass am Plansee die Schotter horizontal liegen und nicht, wie am Achensee, den Aufbau eines alten Delta besitzen, wenn nicht vielleicht solches in den versteckten Partien der Ablagerung der Fall ist.

Sonst ist mir aus dem Alpengebiete nur ein Fall bekannt geworden, welcher eine Wiederholung der Absperrung des Achensees darstellt oder vielmehr dargestellt hat. STOPPANI[1]) berichtet, dass das Val Gandino, ein Seitenthälchen des Val Serio in der Nähe des Iseosees durch fluvio-glaciale Ablagerungen vom Hauptthale abgesperrt und in einen See verwandelt worden sei. Am Boden desselben entstand dann das Lignitlager von Leffe. JAMES GEIKIE[2]) hat neuerdings die Beobachtungen von STOPPANI bestätigt und gefunden, dass das Becken von Leffe in der That durch einen Schuttkegel abgedämmt wird; er nimmt mit STOPPANI an, dass jener Schuttkegel durch den Serio aufgebaut wurde, glaubt aber, dass dies nicht während der letzten, sondern während einer früheren Vergletscherung geschah. Unentschieden muss gelassen werden, ob die kleinen Seen, welche das obere Moselthal begleiten, nicht vielleicht auf ähnliche Weise wie der Achensee entstanden. Die Dämme, welche diese Seen absperren, sollen nämlich nach den Berichten von HOGARD[3]) und den jüngeren Mittheilungen von CHARLES GRAD[4]) aus geschichtetem Kiese bestehen, welcher sich als Terrasse im Moselthale verfolgen lässt. HOGARD und GRAD halten den geschichteten Kies für eine Seitenmoräne des Moselgletschers, welche durch kleine lokale Gletscher am Ausgange der Seitenthäler zusammengeschoben und in Endmoränen dieser letzteren verwandelt worden sei, eine Annahme,

[1]) Corso di geologia. Milano 1873. Bd. II. p. 665. § 1214.

[2]) Prehistoric Europe. London 1881. p. 306.

[3]) Coup d'oeil sur le terrain erratique des Vosges. Epinal 1848. Cap. VIII.

[4]) Description des formations glaciaires de la chaîne des Vosges en Alsace et en Lorraine. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. I. 1871/72. p. 88.

Digitized by Google

die mir in Anbetracht der mehrfach erwähnten Schichtung des Schotters nicht besonders wahrscheinlich vorkommt.

Meines Wissens nach kennt man bisher unter den heute von statten gehenden Vorgängen kein völliges Analogon zu der während der Glacialzeit mehrfach bewirkten Absperrung von Thälern durch Flussschotteranhäufungen. Stoppani citirt zwar die Einschnürungen, welche der Comer-See durch in ihn hineinwachsende Deltas erleidet, sowie die Abschnürung des Sees von Mezzola durch das Delta der Adda vom Comer-See als entsprechende Fälle, aber man hat es hier immer nur mit Einschnürungen in bereits existirenden Seen zu thun, und nicht mit der Umwandlung trockener Thäler in Seebecken. Aus eigener Erfahrung kenne ich nur ein recentes Beispiel, das sich unserem Falle der Seebildung an die Seite stellen lässt, wenn auch nur als eine Miniaturausgabe. Ich beobachtete dasselbe in den Salzburger Alpen. Die Saalach hat dicht oberhalb Saalfelden in ihrem breiten Theile sich einen Damm aufgeschüttet, auf welchem sie dahinfliesst, ganz in der Art, wie es sich an vielen Alpenströmen beobachten lässt. Dadurch ist nun ein kleines Seitenthälchen abgedämmt worden, und es hat sich an dessen unterem Ende eine kleine, jedoch permanente Wasseransammlung unweit des Hofes Kehlbach gebildet. Möglicherweise ist der Zeller See in Salzbug ein weiteres Analogon. Weniger dürften der Absperrung des Achensees entsprechen eine Seebildung, welche dadurch bedingt wird, dass sich Schuttkegel in ein grosses Thal hineinbauen, dasselbe abdämmen und so eine Wasseransammlung verursachen. Auf diese Weise ist durch das Anwachsen eines Schuttkegels in dem Ursprungsthale unweit des Landl dicht an der bayerisch-tiroler Grenze ein See im Hauptthale gebildet, so sind der Weit-, Mittel-, Löden- und Förchensee im Quellgebiete der weissen Traun, einem südbayerischen Alpenflusse, entstanden, und nach Wallman[1]) der Antholzer See in Tirol. Eine gewisse Analogie mit der Abdämmung des Achensees besitzt schliesslich der Fall, wo durch Schotteranhäufung im Bette des Hauptflusses der Nebenfluss geradezu abgesperrt wird, sodass er andere Bahnen einschlagen muss. Ein Beispiel hierfür liefert

[1]) Jahrbuch des österreichischen Alpenvereins. Bd. IV. 1868. p. 4.

Digitized by Google

das Loisachthal oberhalb Wolfrathshausen in unserem Gebiete. Es dehnt sich oberhalb der Vereinigung von Loisach und Isar ein grosses breites Thal zwischen beiden Flüssen aus, welchem die Loisach anfänglich folgt, in welchem sie jedoch nicht fortfliesst, sondern aus welchem sie durch eine Enge bei Beuerberg in ein anderes Thal übertritt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Loisach früher durch das erwähnte breite Thal der Isar direkt zuströmte, bis die fortwährende Schotteranhäufung dieses letzteren Flusses ihre Mündung versperrte und sie nöthigte, die Enge von Beuerberg zu durchbrechen. Der Boden jenes alten Thales senkt sich flach der Loisach zu.

Es ergibt sich also, dass Thalabsperrungen durch Schotterterrassen heute nur in minimalen Maasse geschehen. Es dürfte der Grund hierfür wol in der Thatsache zu suchen sein, dass es in der Gegenwart nirgends zur Anhäufung so beträchtlicher Schottermassen kommt wie während der Glacialzeit.

Die Verhältnisse im Achenthale entsprechen im Allgemeinen denen des Brandenberger Thales. In beide erstreckte sich die Terrasse des Innthales ein Stück weit hinein, in beiden wurde dadurch ein See aufgestaut, und der ganze Unterschied besteht nur darin, dass der See des Brandenberger Thales bereits erloschen ist, während der Achensee noch fortexistirt, bis der Kasbach, fortwährend an der Zerstörung des leicht beweglichen Materiales der Terrasse arbeitend, sein Thal bis zum Achenseespiegel verlängert hat. Dann wird der See sich nach dem Inn entwässern, seine reichlichen Wassermengen werden die erodirende Kraft des Kasbaches potenziren, die den See absperrende Barre wird in kurzer Zeit verschwinden, und die alten hydrographischen Beziehungen werden wieder hergestellt sein.

Wir sehen also, dass sich die Innthalterrasse in jene Thäler hineinbaut, durch welche der Inngletscher nordwärts vordrang, und dass es in denselben nicht zur Ablagerung von ihnen eigenthümlichen Schottern kam. Allein man könnte dies Verhältniss vielleicht als ein natürliches ansehen, und geneigt sein, demselben keine weitere Bedeutung beizulegen, indem man sagt, dass der grosse Innstrom selbstverständlich mehr Schotter anhäufen muss, als seine kleinen Nebenflüsse, dass er deswegen unter allen Um-

Digitized by Google

ständen im Stande ist, nicht nur in seinem Thale, sondern auch in dem seiner Nebenflüsse den Boden zu erhöhen. Ferner aber liesse sich gegenüber der Frage, die uns beschäftigt, noch geltend machen, dass es nicht ganz zweifellos durch Beobachtungen bewiesen ist, dass die Schotter im Brandenberger Thale und diejenigen, welche denAchensee absperren, älter sind als die Moränen, da solche bisher nicht unmittelbar über ihnen gesehen wurden. Aus ihrem Auftreten liesse sich, könnte man sagen, noch durchaus kein Schluss auf die Beziehung der unter den Moränen des Innthales vorkommenden Schotter zur Glacialzeit machen. Es sind jedoch andere Stellen, welche diese Beziehung auf das Deutlichste verrathen.

Der Inngletscher sandte einen Hauptzweig über den Seefelder Pass in die nördlichen Kalkalpen. Dieser Pass erhebt sich weit über das Niveau der Innthalterrasse, dieselbe bleibt beinahe 200 m unter ihm. Es ist daher völlig undenkbar, dass jemals der Inn unmittelbar seine Gewässer über den Seefelder Pass geschickt habe. Dennoch aber finden sich auf der Passhöhe unter den dortigen Moränen Schotter, welche sich aus Innthalgesteinen zusammensetzen. Die Existenz derselben lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass durch den Gletscher schon Gesteine aus dem Innthale auf die Passhöhe geschleppt wurden, als die Bildung jener Schotter begann. Dieselben erweisen sich dadurch bestimmt als Glacialgebilde. Auf demselben Wege lässt sich nun erkennen, dass sämmtliche Ablagerungen von losem Schotter, welche sich unter den Moränen im Gebiete des alten Isargletschers finden, glacialen Alters und glacialen Ursprungs sind. So finden sich dicht unterhalb Mittenwald unter den Moränen Schotter, deren Mächtigkeit sich auf 100 m beläuft; als ein wesentlicher Bestandtheil derselben treten in allen Horizonten Urgebirgsgerölle auf, welche nur durch einen Gletscher in das Gebiet der Isar gebracht worden sein können. Es ist höchst beachtenswerth, dass sich an der Basis dieser Schotter Bänderthonlager einstellen, deren Material als Anstrichfarbe, als „Kreide“ technisch verwerthet wird. Mir ist im Isarthale nur noch eine zweite Lokalität bekannt, wo unter den Moränen Schotter auftreten. Dies ist die Gegend oberhalb Tölz am linken Ufer des Flusses. Auch diese Schotter führen

Digitized by Google

zahlreiche Urgebirgsgerölle, und an ihrer Basis findet sich wie bei Mittenwald ein Lager von Bänderthon, welches ebenfalls behufs Gewinnung der Kreide ausgebeutet wird. Die Kreide von Wallgau unterhalb Mittenwald liegt hingegen unmittelbar unter den Moränen. Im Loisachthale sah ich nirgends Schotter unter den Moränen, erst in der Gegend von Murnau, schon am Fusse des Gebirges, treten solche auf, und diese Schotter führen, wie schon früher auseinandergesetzt, zahlreiches erratisches Material. Im Thale der Jachenau endlich sah ich unweit Jachenau auch Geröllablagerungen mit sehr reichlicher Urgebirgsführung, ich konnte mich jedoch nicht vergewissern, wie die Lagerung dieser Schotter sei.

Wo auch nur im Isargebiete Schotter im Konnexe mit Moränen auftreten, führen sie Urgebirgsgerölle; in den nördlichen Kalkalpen ist mir überhaupt nur ein Vorkommniss bekannt geworden, welches nicht solches Material enthält. Im Thale der rothen Falep, oberhalb des Forsthauses gleichen Namens, lagert unter den dortigen Moränen ein grober Schotter, welcher fast ausschliesslich aus Dolomittrümmern zusammengesetzt ist. Derselbe findet sich aber bemerkenswertherweise in einem Thale, von dem nicht erwiesen ist, dass es dem Inngletscher als Durchgang nach Norden diente.

Es kann daher gesagt werden, dass in jenen Thälern, durch welche einst Gletscher der Centralalpen geströmt sind, die unter den Moränen auftretenden Schotter sich durch ihre Urgebirgsgeröllführung auszeichnen. Vor ihrer Ablagerung muss also schon ein Geschiebetransport aus dem Innthale in die Kalkalpen stattgefunden haben, und wieder, wie bei Betrachtung der Schotter von Murnau, haben wir uns zu fragen, ob jener Geschiebetransport durch eine frühere Vergletscherung geschehen ist, oder ob er durch eben jene Vereisung erfolgte, welche dann bei weiterer Ausdehnung die Schotter zudeckte.

So wenig bestritten werden kann, dass eine der früheren Vereisungen, welche später nachgewiesen werden sollen, Material zum Aufbaue jener Schotter geliefert hat, so glaube ich auch hier, dass dennoch keineswegs ausschliesslich diese Annahme das Auftreten der Urgebirgsgerölle erklären kann. Dieselben sind z. B. in den Schottern bei Mittenwald so zahlreich, dass man sich in den Cen-

Digitized by Google

tralalpen meint, obwol sie nur von einer sehr unbedeutenden Fläche gesammelt worden sein könnten; denn oberhalb Mittenwald dehnt sich das Thal der Isar nur noch wenig weit aus. In der That sind denn auch in den heutigen Anschwemmungen der Isar bei Mittenwald die Urgebirgsgerölle recht selten, und wenn sie in den unter den Moränen auftretenden Schottern sehr reichlich auftreten, so kann dies nur durch eine direkte Zufuhr aus den Centralalpen erklärt werden. Solche fand statt, als der Inngletscher den Seefelder Pass überschritten hatte und im Isargebiete vordrang. Die ihm entströmenden Wasser bemächtigten sich dann des erratischen Materiales, welches er mit sich führte. Die unter den Moränen auftretenden losen Schotter im Isargebiete müssen daher als Glacialgebilde aufgefasst werden, und was von ihnen gilt, gilt sicher auch von den entsprechenden Ablagerungen des Innthales. Gleich diesen gehören sie zu den unteren Glacialschottern.

So fügt sich eine Menge Beweise für das Alter und den Ursprung jener mächtigen Massen losen Gerölles zusammen, welche wir in den nördlichen Kalkalpen und auf der nordalpinen Hochebene entwickelt sehen. Lehrt zwar ihre Bedeckung durch die Grundmoränen, dass sie vor der Vergletscherung ihrer Lagerstätte angehäuft wurden, so dürfen wir sie doch nicht als präglacial bezeichnen; denn es ergibt sich, dass sie während des Herannahens der Vergletscherung entstanden, dass es die den Gletschern entströmenden Wasser waren, welche sie ablagerten, dass sie ihr Material den Grundmoränen der Vergletscherung entnahmen. Wir erkennen in ihnen zur Glacialformation gehörige Gebilde, und ihr bemerkenswerther Mangel an Fossilien ist leicht erklärbar durch die Annahme, dass sie von den eisigen schlammgetrübten Wassern angehäuft wurden, denen die diluvialen Gletscher Entstehung gaben. Daraus erklärt sich auch, dass an ihrer Basis häufig, fast regelmässig Schlammlager, sogenannte Kreide, auftreten. Die schlammige Trübung der Gletscherströme wurde am weitesten verfrachtet, sie leitet die Ablagerung der Schotter daher überall ein. In den grossen Alpenthälern, den Hauptbetten der Gletscher, wurden diese Schotter in erstaunlicher Mächtigkeit aufgethürmt, auf dem Alpenvorlande hingegen wurden sie zwar in geringerer Stärke, aber in um so bedeutenderer Ausdehnung ausgebreitet. Allent-

Digitized by Google

halben repräsentiren sie ein sehr wesentliches Glied der Glacialformation.

Erwägt man, dass die Ablagerung dieser Schotter unter Mitwirkung des Eises geschah, so wird man begreiflich finden, dass sie in ihrer Verbreitung nicht jene Regelmässigkeit aufzuweisen brauchen, wie sie rein fluviatile Formationen besitzen. Es ist beispielsweise nicht gesagt, dass, weil die Schotter auf dem Seefelder Passe Urgebirgsgerölle führen, der Inn den Seefelder Pass überschritten habe, oder dass die Innterrasse sich bis zu demselben erhoben hätte. Ein jeder Punkt der diluvialen Gletscher konnte unter sonst geeigneten Umständen ein Wasserrinnsal speisen und durch die Grundmoräne mit Schottermaterial versorgen. Es können glaciale Schotter, wie die bereits besprochenen Ablagerungen von dem erratischen Geschiebe Gümbel's lehren, in allen Niveaus auftreten, welche im Bereiche der Vergletscherung lagen, und um ihr Auftreten zu erklären, ist es weder nöthig, an eine veränderte Bodenkonfiguration zu denken, noch anzunehmen, dass einst Schotter die Thäler bis zu den höchsten Niveaus einzelner Vorkommnisse erfüllt hätten.

Liegt es also in der Natur der Dinge, dass die glacialen Schotter von vornherein schon unregelmässig abgelagert wurden, so zeigen sich doch in ihrem Auftreten gewisse Züge, welche nicht auf eine Unregelmässigkeit bei ihrer Bildung zurückgeführt werden können. Es lässt sich nicht leugnen, dass sonst regelmässig verfolgbare Schottermassen oft beträchtliche Unterbrechungen aufweisen. Besonders ist hervorzuheben, dass die mächtigen Terrassen im Gebirge keinen Zusammenhang mit den Ablagerungen der Hochebene besitzen. Theoretisch sollte erwartet werden, dass die Terrassen der Gebirgsthäler sich beim Verlassen des Gebirges in Schuttkegel auflösen und in die Hochebene verflachen sollten. Dies ist aber keineswegs der Fall. Gerade beim Austritte der Thäler aus dem Gebirge beginnen die centralen Depressionen des Moränengebietes, also beckenförmige Bodensenkungen an Stelle der muthmaasslichen Schuttkegel, und erst unterhalb dieser Becken stellen sich wieder mächtige Schotterablagerungen ein. Besonders eindringlich stellen sich solche Unterbrechungen beim Betrachten einzelner Fälle dar. Zwischen dem Eschenloher Moose und dem

Digitized by Google

Kochelsee dehnen sich jene mächtigen unteren Glacialschotter aus, welche die Kohlen von Grossweil bedecken. Dieselben fallen steil nach dem Kochelsee und dem Eschenloher Moose ab. Sie erfüllen den Raum zwischen zwei Depressionen. Durch die eine derselben erhielten sie ihr Material.

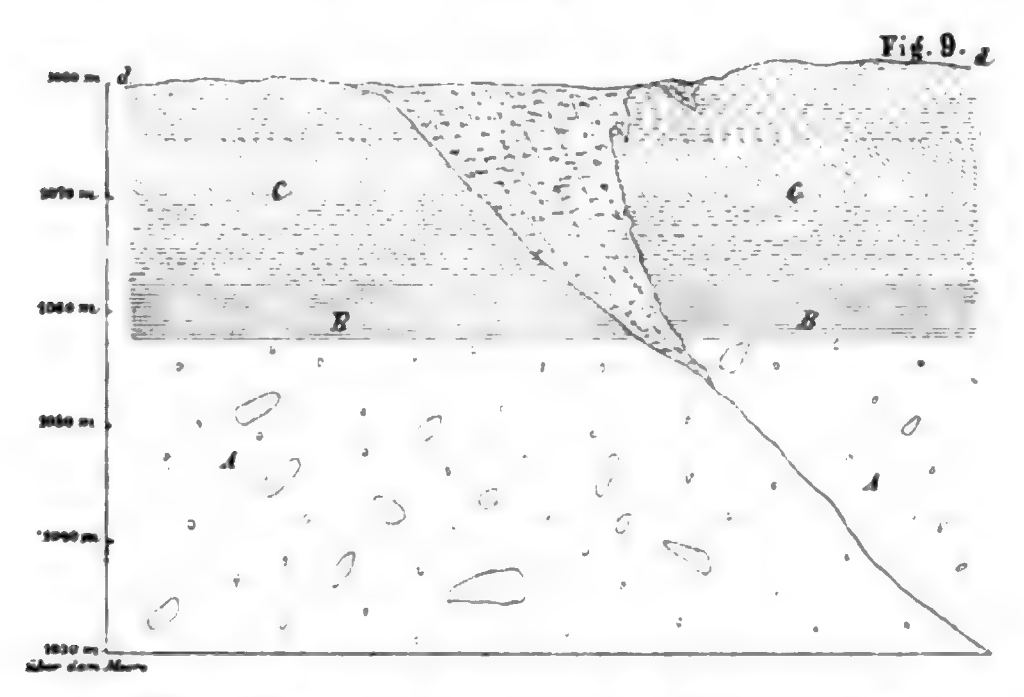
Diese letztere Depression muss also späteren Datums sein als die erwähnten Schotter. Eine Erosion hat hier die Kontinuität ihrer Ablagerung unterbrochen. Dies ergab sich ganz allgemein für die unteren Glacialschotter, welche auf der Hochebene im Bereiche der centralen Depression sich ausdehnen, und zwar fand sich, dass diese Erosion ihre Spuren bereits als namhafte Diskordanz zwischen den Schottern und den hangenden Moränen äussert. Ebenso verhält es sich nun mit den unteren Glacialschottern des Gebirges.

Im Innthale erscheinen dieselben zwar im Allgemeinen als zusammenhängende Ablagerung, eine weitgedehnte Terrasse bildend. Allein es zeigt sich, dass diese Terrasse mehrfache Unterbrechungen besitzt, und besonders thalabwärts löst sie sich in einzelne Vorkommnisse auf, welche bemerkenswertherweise nur in Nebenthälern, nicht aber im Hauptthale selbst aufgeschlossen sind. So finden sich Reste der Terrasse im Achensee- und Brandenbergerthale, sie treten im Jenbachthale unterhalb Kufstein auf, während das Innthal selbst frei von Terrassen ist. Diese Zerstückelung der Terrasse muss nun bereits vor Ablagerung der Moränen geschehen sein; denn dieselben treten im unteren Innthale tief unter dem Niveau der Terrassen in den Seitenthälern auf. So sah bei Kufstein Mojsisovics Moränen im Innthale, und bei Brandenberg, bereits am Fusse des Gebirges gelegen, treten Moränen tief im Innthale am Biberberge auf. Bei Häring sah Gümbel Gletscherschliffe auf den dortigen Nummulithenschichten tief unter dem Niveau der Terrasse.

Bei Innsbruck sind ferner die Gehänge der Terrasse mit glacialem Materiale überdeckt. Dies zeigt sich besonders am Wege nach den Höttinger Steinbrüchen. Hier lagern Schotter mit Grundmoräneneinlagerungen an die Böschungen angelehnt und fallen in demselben Sinne wie die letzteren ein. Zudem finden sich im Dorfe Höttingen Gletscherschliffe tief unter der

Digitized by Google

Höhe, und unweit Wilthen, an der alten Brennerstrasse, in gleichem Niveau mächtige Ablagerungen mit gekritzten Geschieben. Alles dies macht unzweifelhaft, dass die Zerstückelung der Terrasse bereits vor Ablagerung der Moränen geschehen war. Ganz dasselbe gilt nun auch von den wenigen Vorkommnissen der unteren Glacialschotter im Isargebiete. Sie bilden nur isolirte Ablagerungen, an die sich Moränen allseitig anschmiegen wie bei Mittenwald und Tölz. Die Verbreitung der unteren Glacialschotter lehrt ein sehr merkwürdiges Faktum kennen; obwol sie erst beim Herannahen der Vergletscherung angehäuft wurden, sind sie bereits



Südgehänge der Schlucht bei Holzleithen.

Geschiebelehm *A* übergehend in Bänderthon *B*; darüber Schotter *C*. *d—d* Höhe der Innthalterrasse.

unter den Moränen erodirt. Diese Erosion kann nur durch die Gletscher bewirkt worden sein, wie wir später zu zeigen versuchen werden.

Wenn nun die Innthalterrasse bereits während der Glacialzeit zerstückelt war, kann man leicht über die seltenen Vorkommnisse von Schotter über den Moränen der Terrasse ins Klare kommen. Dieselben können unmöglich von postglacialen Gewässern abgelagert worden sein, denn dieselben konnten nicht mehr auf der Höhe der Terrasse fliessen, da dieselbe bereits zerstückelt und von tiefen Thälern durchsetzt war. Nur Wasser,

Digitized by Google

welche auf der Höhe der Terrasse einem Gletscher entströmten, können die gedachten Schotter angehäuft haben.

Es ist mir nur ein Vorkommniss dieser Art bekannt geworden. Dasselbe befindet sich unweit Holzleithen bei Nassereith (Fig. 9). Eine enge Schlucht legt hier auf der Höhe der Terrasse einen Schotter bloss, welcher Bänderthon überlagert, welch' letzterer nach unten in eine Grundmoräne übergeht. Nur als der Gletscher noch in unmittelbarer Nähe war, konnten hier auf der Höhe der Terrasse Wasser fliessen, die von ihnen hinterlassenen Schotter gehören daher der Glacialformation an.

Kapitel XV.

Der obere Glacialschotter.

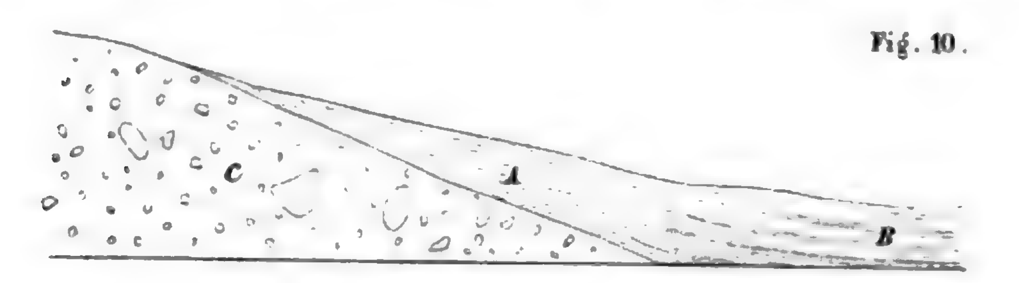
Konnex des oberen Glacialschotters mit den Endmoränen. Lagerung zwischen den Endmoränen. Beziehung zwischen heutigen und früheren Wasserläufen der Moränenlandschaft. Ob die Schmelzwasser von der Peripherie nach der centralen Depression unter dem Eise flossen? Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme. Unwahrscheinlichkeit einer ausgedehnten subglacialen Wassercirculation. Ausbildung der tiefen Kanäle im Moränengebiete. Trockenthäler. Geringe Ausdehnung des oberen Glacialschotters. Verhältniss zwischen Wassermenge und Geröllablagerung. Unterschied in der Verbreitung des unteren und oberen Glacialschotters erklärt. Ausfurchungen durch Schmelzwasser. Mangel an Riesentöpfen und Åsar. Decksand Norddeutschlands.

Gehen mit der allmählichen Ausbreitung der diluvialen Gletscher in Südbayern ausgedehnte Wirkungen des fliessenden Wassers Hand in Hand, so ist von vornherein zu erwarten, dass auch der Rückzug dieser Eismassen eine mächtige Entfaltung der Thätigkeit des rinnenden Wassers nach sich zog. Aber es ist einleuchtend, dass die Intensität der Wasserwirkung bei dem Anwachsen der Gletscher eine andere und zwar weit geringere war, als beim Rückzuge der letzteren. Bei der Ausdehnung des Eises war die demselben entspringende Wassermenge viel kleiner als bei seinem Rückzuge, und es fragt sich nun, auf welche Weise sich die Verschiedenheit in den Wirkungen der beiden ungleich grossen Wassermengen kund gibt.

Das Wasserburger Profil hat uns bereits gelehrt, dass über den Grundmoränen Schotter vorkommen, welche sich durch ihren Konnex mit den Endmoränen als Glacialgebilde erweisen, und

Digitized by Google

solche Ablagerungen finden sich sehr häufig, gewöhnlich den Raum zwischen den einzelnen Endmoränenwällen einnehmend. Die Zusammensetzung dieser letzteren verrieth bereits eine hervorragende Betheiligung des Wassers bei ihrer Entstehung. Kaum je fehlen ihnen geschichtete Einlagerungen, in manchen Fällen sind sie sogar ausschliesslich aus geschichtetem Materiale aufgebaut, und dieser kiesige Moränenschutt könnte bereits als eine Facies des oberen Glacialschotters gelten, wenn er nicht unter Verhältnissen auftreten würde, welche seine Zurechnung zu den Endmoränen unbedingt erheischen. Seine Zusammensetzung macht zudem sehr wahrscheinlich, dass er zwar unter Mithilfe des Wassers abgelagert wurde, aber dennoch nur wenig dessen Einwirkungen ausgesetzt gewesen ist. Noch lässt sich der Ursprung seines Materiales deutlich erkennen, noch sind die gekritzten Geschiebe



Anlagerung von oberem Glacialschotter *A* mit Bänderthon *B*, an Endmoränen *C* unweit Bahnhof Feldafing. 1 : 500.

unversehrt, noch die eckigen Blöcke nicht abgerundet. Die Regellosigkeit in der Anordnung deutet ebenfalls darauf, dass eine Sortirung, welche eine längere Wasserwirkung nach sich zieht, noch nicht eingetreten ist, und die häufig wiederkehrenden Schichtenstörungen lehren in Uebereinstimmung damit, dass er unmittelbar vor dem Eise angehäuft wurde. Allein zahlreiche, ganz allmähliche Uebergänge verbinden diesen Schutt mit gleichmässiger zusammengesetzten und regelmässiger construirten Ablagerungen, mit echtem Schotter. Zwischen den Moränenhügeln finden sich oft Schotter, deren glaciales Alter durch vereinzelt eingestreute gekritzte Geschiebe erwiesen wird, und welche entweder die unmittelbare Fortsetzung eines Walles von kiesigem Moränenschutt bilden, oder sich deutlich an die Moränenwälle anlegen. Der Eisenbahneinschnitt am Bahnhofe Feldafing am Würmsee lässt die Lagerungs-

Digitized by Google

verhältnisse eines solchen Schotters erkennen (vergl. Fig. 10). Derselbe schmiegt sich den Konturen des Moränenhügels an, fällt von demselben ab und verflacht sich in eine Ebene, nach welcher zu er sandiger und thoniger wird. Man hat es hier also mit einem Schotter zu thun, welcher während des Rückzuges der Vergletscherung abgelagert wurde. Er ist ein oberer Glacialschotter. Noch verrathen die gekritzten Geschiebe in ihm seine Beziehungen zur Glacialformation, aber meist lassen die Schotter zwischen den einzelnen Moränenwällen durchaus keine Gletscherspuren an ihren Geröllen erkennen. Ihre räumliche Lage zwischen den einzelnen Moränenwällen, sowie der Umstand, dass sie, wie tiefe Thalrisse lehren, die Grundmoränen überlagern, macht jedoch zweifellos, dass sie den oberen Glacialschottern zuzurechnen sind.

Die Verbreitung dieser oberen Glacialschotter ist durchaus abhängig von dem Verlaufe der Endmoränen. Sie ziehen sich zwischen den einzelnen Wällen entlang bis zu irgendeiner Stelle, wo sie dieselben nach aussen durchbrechen. Sie verrathen uns so den Weg, welchen die Schmelzwasser der rückziehenden Vergletscherung eingeschlagen haben. Da nun jene Schmelzwasser unbedingt bedeutender waren, als die spärlichen Rinnsale, welche heute im Moränengebiete ihren Ursprung nehmen, so haben sie diesen letzteren den Weg vorgezeichnet, und das Wassergeäder in der heutigen Moränenlandschaft stellt im Allgemeinen bis auf einige noch zu erwähnende Ausnahmen ein Bild von den Wasserläufen während des Rückzuges der Vergletscherung dar. Es genügt also ein Blick auf eine Karte der heutigen hydrographischen Verhältnisse, um die früheren zu überschauen; in der That bemerkt man eine ganz überraschende Abhängigkeit der Wasserläufe in der Moränenlandschaft von der Richtung der Endmoränen. Die Bäche folgen gewöhnlich den letzteren, und durchbrechen dieselben nur an wenigen Stellen. So sieht man parallel der gezogenen Kontur des Inngletschergebietes eine Reihe von Bächen verlaufen, zwischen den Endmoränen des Isargletschers fliessen in ausgesprochener Parallelität mit denselben der Keller- und Meisinger Bach an beiden Ufern des Würmsees, sowie die Windach westlich vom Ammersee.

Es ist nun eine beachtenswerthe Thatsache, dass die meisten dieser Bäche nicht die Moränenlandschaft nach aussen durch-

Digitized by Google

brechen, sondern sich der centralen Depression des Moränengebietes zuwenden. So biegt die Mangfall, nachdem sie auf eine grosse Entfernung hin an den Moränen des Inngletschers entlang geflossen ist, plötzlich nach Osten um, und strömt nach der Mitte der Depression des Inngletschers zu. Sie nimmt die Leitzach, welche ursprünglich zwischen den Inngletschermoränen geflossen ist, mit sich in dieser Richtung fort, obwol ein altes Thal sich in der ursprünglichen Richtung der Leitzach verfolgen lässt. Die Glon, Braunau und Attel strömen gleichfalls der centralen Depression des Inngletschers zu. Ebenso verhält es sich im Bereiche des Isargletschers. Nachdem der Keller- und Meisinger Bach, sowie die Windach auf eine grosse Entfernung zwischen den Moränenzügen der einzelnen Zweige des Isargletschers dahingeflossen, münden sie in die centralen Depressionen des Würm- bez. Ammersees. Dass es sich ähnlich in dem Bereiche des alten Rheingletschers verhält, hat bereits PROBST [1]) hervorgehoben. Die centralen Depressionen erscheinen somit als die Sammelstellen aller der im Moränengebiete entspringenden Gewässer, dieselben strömen ihnen häufig in centripetaler Richtung zu.

Vom rein hydrographischen Gesichtspunkte erscheint dies als die natürliche Folge des Umstandes, dass die centralen Partien des Moränengebietes tiefer liegen als die Peripherie desselben. Allein wenn man in dem jetzigen Laufe jener Wasseradern ein Bild der früheren hydrographischen Verhältnisse, vor allem aber die Spuren der beim Abschmelzen der Vergletscherung entstandenen Ströme erkennen will, so gewinnt dieser Umstand ein ganz besonderes Interesse. Denn eben jene centrale Depression, welcher die Gewässer zuströmen, musste noch unter Eis begraben liegen, als die peripherischen Theile des Gletschers zu schmelzen begannen. Wenn nun die Schmelzwasser dieser peripherischen Partien dem Centrum zuströmten, mussten sie unter das Eis ein- und unter demselben fortfliessen. Entweder geschah also dies, oder die heutigen hydrographischen Verhältnisse sind kein genaues Abbild derjenigen während des Abschmelzens der Vergletscherung.

---

[1]) Beitrag zur Topographie der Gletscherlandschaft in Württemb. Oberschwaben. Württemb. naturw. Jahreshefte. Bd. XXX. 1874. p. 40—85.

Digitized by Google

Die Frage, ob unter den gewaltigen Eisströmen der Diluvialzeit eine regelmässige Wassercirculation stattfand, hat in neuester Zeit besonderes Interesse gewonnen, seitdem von BERENDT [1]), HERM. CREDNER [2]) und JAMES GEIKIE [3]) die Behauptung verfochten worden ist, dass die grossen Ströme Nordeuropas unter das skandinavische Inlandeis einströmten, eine Annahme, die manche Schwierigkeit der Gletschertheorie in befriedigender Weise hebt, andererseits aber auch in sich selbst manche anfechtbare Punkte trägt. Es erschien mir daher von grösster Wichtigkeit, Material zur prinzipiellen Entscheidung dieser Frage zu gewinnen. Leider gelang dies nur in unvollständiger Weise.

Vor allem konnte ich mich nicht darüber vergewissern, ob während des Abschmelzens der Vergletscherung Flüsse unter das Eis einflossen. Eine leichte Korrektur der hydrographischen Verhältnisse würde bereits die evidentesten Beispiele beseitigen, welche für obige Annahme aus dem Gebiete des Inngletschers ins Feld geführt werden können. Zunächst liesse sich die Mangfall durch eine einfache Absperrung der Enge, durch welche sie in das Inngletschergebiet eintritt, nach Norden leiten, wo sich in der Fortsetzung ihrer ursprünglichen Richtung ein Trockenthal nach Egmating zieht. Ein Damm von kaum 20 m Höhe unterhalb der Umbiegung der Leitzach würde dieselbe zwingen, in einem tiefen, jetzt trocken liegenden Thale weiter zu fliessen, das sich in der Fortsetzung ihrer ursprünglichen Richtung nordwärts zieht, und welches sie bei Kirchseon aus dem Inngletschergebiet herausführen würde. Unbedeutende Dämme da angebracht, wo die Attel und der Ebracher Bach ihren der Peripherie des Inngletschers parallelen Lauf in einen radiären umändern, würden diese Wasser immer parallel den Moränenwällen zu fliessen zwingen, und sie dem Achenbache zuführen. Der Umstand, dass gerade da, wo die erwähnten Flüsse nach der centralen Depression des Moränengebietes einbiegen, Trockenthäler be-

[1]) Gletschertheorie oder Drifttheorie in Norddeutschland. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 1.

[2]) Ueber Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebelehmes. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXII. 1880. p. 96.

[3]) Prehistoric Europe. 1881. p. 239.

Digitized by Google

ginnen, welche aus dem Moränengebiete herausführen, scheint mir ein gewichtiger Fingerzeig dafür zu sein, dass die centripetal gerichteten Theile ihres Laufes erst einer späteren Periode ihre Entstehung verdanken, und noch nicht gebildet waren, als die Gletscherwasser den peripherischen Theilen jener Thäler folgten.

Auch die Erscheinungen im Gebiete des Isargletschers beweisen keineswegs eine subglaciale Circulation der Gewässer. Strömen auch Keller- und Meisinger Bach der centralen Depression des Würmsees zu, so fliessen sie doch während ihres ganzen Laufes ausschliesslich zwischen Endmoränen dahin und erreichen die Depression erst an derem äussersten Ende, welches vermuthlich schon eisfrei war, als sich ihr Lauf bildete. Ebenso verhält es sich mit der Windach.

Gesetzt nun aber doch den Fall, dass die Wasser von der Peripherie nach der centralen Partie des Gletschers einströmten, so mussten sie dieselben doch wieder an irgendeiner Stelle zu verlassen suchen und ihr in einem tiefen Kanale entströmen, falls es ihnen nicht etwa unter dem Eise möglich war, bergan zu fliessen. Nun findet man aber nirgends an der Peripherie des Moränengebietes die Andeutung eines solchen Kanales, die schluchtartigen Thäler des Inn, der Isar, der Amper, der Wertach und des Lech, welche heute die centralen Depressionen entwässern, haben sich erst nach Rückzug des Gletschers gebildet; sie durchschneiden die Endmoränen, und bei Wasserburg auch, wie das dortige Profil lehrt, die oberen Glacialschotter. Wenn also die Schmelzwasser wirklich unter das Eis einströmten, so konnten sie aus demselben nicht ohne weiteres wieder herausfliessen.

Fehlt es somit an direkten positiven Beweisen für das Einströmen von ganzen Flüssen unter die alten Eisströme Oberbayerns, so muss andererseits auch betont werden, dass manche Verhältnisse eine ausgedehnte regelmässige subglaciale Wassercirculation unmöglich erscheinen lassen.

Wenn man nämlich die Grenze der unverletzten Moränenlandschaft verfolgt, so sieht man unter den Moränen sehr häufig breite und ausgedehnte Schotterflächen hervortreten, welche lehren,

Digitized by Google

dass auf grosse Entfernungen hin den Gletschern bedeutende Wassermassen entströmten. Es findet sich nun, dass diese Schottermassen, wo sie auch auftreten mögen, von ziemlich gleicher Entwickelung sind, sodass sich schwer entscheiden lässt, ob dieser oder jener Gletscherstrom bedeutender war als andere. Zwar findet man in den Thälern des Gebietes längs den Hauptströmen überall solche untere Glacialschotter entwickelt, aber dergleichen treten auch in manchen Thälern auf, wo heute fast alle Spuren rinnenden Wassers fehlen. Wo nur eine Vertiefung des Bodens an der Gletschergrenze auftritt, stellen sich glaciale Schotter ein, und die verschiedenen Ströme des Gebietes erscheinen noch nicht individualisirt. Wenn somit jede günstig gelegene Stelle des Eissaumes einen Gletscherstrom erzeugen konnte, so kann es keine ausgedehnte subglaciale Wassercirculation gegeben haben, denn sonst würde die eine oder andere Oertlichkeit einen besonders bedeutenden Strom entsendet haben. Das Wasser kann nur den Randpartien des Eises entflossen sein.

Dieses wird noch besonders einleuchtend, wenn man beachtet, dass die grossen Gletscherstrombetten in verschiedenen Niveaus entspringen, was unmöglich ist, wenn sie die Ausläufer eines subglacialen Stromnetzes sein sollen. Endlich aber verdient berücksichtigt zu werden, dass sie an der Peripherie des Gletschergebietes entspringen, also in höherem Niveau als dessen centrale Depression. Die Wassermassen, welche in ihnen flossen, können also unmöglich die Ausläufer ausgedehnter subglacialer Ströme sein, denn dieselben hätten bergauf fliessen müssen und die alpinen Schotter mit sich aus der Depression bergan nach der höher gelegenen Peripherie transportiren. Das alpine Material der Glacialschotter an der Moränengrenze lässt sich nicht anders erklären, als dass dasselbe über das Bereich der centralen Depression durch Eis fortgeschafft und erst am Rande des Gletschers eine Beute der Gletscherwasser wurde. Also nur am Rande des Eises können die demselben entströmenden Wasser ihren Ursprung genommen haben, sie sind nicht die Fortsetzung grosser subglacialer Ströme. Die Unregelmässigkeit im Verlaufe der Gletscherbetten lässt es nicht wahrscheinlich erscheinen, dass unter dem Eise auf

Digitized by Google

grosse Entfernungen hin förmliche Ströme flossen, die Niveauverhältnisse gestatteten z. B. nicht einem Inn aus den Centralalpen bis auf die Hochebene unter dem Eise zu strömen. Damit soll jedoch nicht bestritten werden, dass auch unter dem Gletscher hie und da, jedoch immer nur lokal, fliessendes Wasser in Wirksamkeit war, wie solches mehrfach in Grönland nachgewiesen wurde, wo Wasser in und unter Inlandeise circulirt.[1])

Wie schwer es hält, die Ablagerungen oberen Glacialschotters zu verfolgen, erhellt wol am besten aus der Thatsache, dass er nicht die Möglichkeit an die Hand gibt, die Richtung der Gletscherströme zu bestimmen. Es kommt dies daher, dass die meisten mit oberem Glacialschotter erfüllten Thäler vertorft sind, und der obere Glacialschotter deswegen nur an wenigen Stellen aufgeschlossen ist.

In welcher Richtung aber auch die Schmelzwässer von der Peripherie des Gletschers geflossen sind, so viel ist sicher, dass nachdem der letztere sich in das Bereich der centralen Depression zurückgezogen hatte, dieselben sich auf einen Punkt konzentriren mussten. Sie sammelten sich zwischen dem Eisende und der Moränenumwallung, und entflossen über den niedrigsten Punkt der letzteren nach aussen. Die Bildung der tief einschneidenden Thäler, welche die centralen Depressionen der verschiedenen Gletschergebiete entwässern, begann schon während des Rückzuges der Gletscher, wenn auch erst, nachdem das von ihnen durchsetzte Gebiet eisfrei geworden war. Solches lehrt der Umstand, dass sie tief in die Endmoränen einschneiden. Es ist daher wol möglich, dass manche hochgelegenen Terrassen im Bereiche jener Thäler schon während des Rückzuges der Vergletscherung entstanden, also aus oberem Glacialschotter aufgebaut werden. Allein es gelingt meist nicht, einen Konnex dieser hochgelegenen Terrassen mit den Glacialschichten selbst zu beobachten. Nur an einer Stelle war mir solches möglich. An den Ufern des Lech ziehen sich mehrere Terrassen entlang. Die oberste fällt bei Schongau unter die Endmoränen

[1]) Rink: Naturh. Tidskr. 3. R. Bd. I. p. 4. Brown: Quart. Journ. Geolog. Soc. 1870. p. 681. Helland: Nyt Archiv for Naturv. I. p. 51.

Digitized by Google

ein; eine zweite tiefer gelegene lässt sich hingegen, wie ich bei meinen Aufnahmen für die geognostische Untersuchung Bayerns erkannte, durch den Endmoränenwall hindurch und weit in das Moränengebiet hinein verfolgen, bis sie endlich nahe dem Fusse des Gebirges auch unter Endmoränen einfällt. Diese Terrasse besteht also noch aus oberem Glacialschotter, welcher mehrfach Grundmoränen, gewöhnlich aber dem unteren aufgelagert ist.

Aus dem Gebiete einer centralen Depression führt stets ein tief einschneidender Kanal nach aussen, dessen Bildung während des Gletscherrückzuges begann, und welcher diejenigen Wasser nach aussen zu führen hatte, welche sich beim Abschmelzen der Vergletscherung im Bereiche jener Depression sammelten. An manchen Stellen haben sich nun seither die hydrographischen Verhältnisse geändert. Besonders im Isargebiete sind mehrere einzelne Depressionen jetzt miteinander verknüpft worden und werden nunmehr nur durch die Isar entwässert, während früher eine jede durch ihren eigenen Kanal dränirt wurde. Einige dieser Kanäle sind daher ausser Betrieb gesetzt worden und erscheinen nunmehr als Trockenthäler. Die Trockenthäler südöstlich München, das Gleissenthal bei Deissenhofen und der Teufelsgraben von Holzkirchen sind Kanäle, durch welche einst die Depressionen des Deininger Filzes und Kirchsees entwässert wurden, und zwar die letztere nicht wie heute nach der Isar zu, sondern nach dem Inn hin.

Während der herannahenden Vergletscherung entsprangen Wasserläufe an allen nur einigermaassen günstig gelegenen Punkten des Eises, vollständig unabhängig von den heutigen hydrographischen Verhältnissen, ja, die bereits existirenden Thäler wurden insofern verwischt, als sie mit glacialen Schottern ausgefüllt wurden. Beim Rückzuge der Vergletscherung ändern sich die Verhältnisse. Die Thätigkeit des rinnenden Wassers koncentrirt sich auf einen Punkt in jedem Gletschergebiete, und es kommt zur Ausbildung tiefer Kanäle. Da nun im Allgemeinen jedes grössere auf die Hochebene tretende Alpenthal ein eigenes Gletschergebiet erzeugte, so musste natürlich vor jedes Alpenthal ein solcher Kanal zu liegen kommen. So bildete sich am Schlusse der Glacialzeit das jetzige Thalsystem heraus, wenngleich es bis auf die heutigen Tage noch manche Modifikation erlitt. Auch

Digitized by Google

dürfte nicht anzunehmen sein, dass die tiefen Rinnen in der Peripherie des Glacialgebietes kontinuirlich vertieft wurden. Im Innthale erscheint z. B. auf der Hochebene in den tiefen Kanal ein jüngeres Schottersystem hineingebaut, welches darauf deutet, dass die Thalbildung einmal durch eine Periode unterbrochen wurde, während welcher ein neuer Thalboden aufgeschüttet worden ist.

Es erhellt aus dem bereits Mitgetheilten, dass die oberen Glacialschotter auf der Hochebene nur eine unbedeutende Rolle spielen und nur wenig verbreitet sind. Dasselbe gilt von denen im Gebirge. Ihr Auftreten ist hier ein ganz ausserordentlich beschränktes. Es fällt somit insbesondere gegenüber der Entwickelung der unteren Glacialschotter auf, dass die oberen Glacialschotter im Allgemeinen wenig ausgedehnte und wenig mächtige Ablagerungen darstellen. Man kann nicht sagen, dass sie angehäuft sind wie die Schotter beim Herannahen der Vergletscherung, und die herannahende Vergletscherung ist gegenüber der sich zurückziehenden durch eine gewaltige Schotteranhäufung ausgezeichnet. Umgekehrt aber ist der Rückzug des Eises gegenüber dessen Kommen durch eine beträchtliche Anhäufung von Endmoränen charakterisirt. Es dürften vielleicht diese beiden Gegensätze sich ausgleichen, wenn man die Endmoränen nicht nur zeitlich, sondern auch ihrem Materiale nach als Aequivalent der oberen Glacialschotter betrachtet. In der That dürfte eine Erwägung diese Annahme stützen. Beim Herannahen der Vergletscherung konnten Endmoränen, wenn sie auch während einer Pause entstanden, nicht bestehen, sie geriethen unter das Eis und konnten hier von den Gletscherwassern erfasst werden. Beim Rückzuge der Vergletscherung dagegen blieben die Endmoränen bestehen und konnten nicht den Gletscherwassern anheimfallen, sodass wol gesagt werden kann, dass sie Ablagerungen der oberen Glacialschotter ersetzen.

Die verschiedene Entwickelung der im Hangenden und Liegenden der Moränen auftretenden Schotter kann ferner auch eine Folge der verschiedenen Intensität der bei ihrer Bildung thätig gewesenen Kräfte sein. Leider aber sind die verschiedenen Intensitäten der Wassermengen in Bezug auf die Geröllablagerung noch

Digitized by Google

nicht so genau studirt worden, dass sich ohne Weiteres ein Schluss aus mehr oder minder mächtig augehäuften Schottern auf die bei ihrer Ablagerung thätig gewesenen Wassermengen machen liesse, und so müssen wir etwas bei dieser Frage verweilen.

Ein fliessendes Gewässer häuft da Material an, wo es seine Geschwindigkeit aus irgend welchem Grunde verlangsamt, und demnach nicht mehr Gerölle von bestimmter Grösse zu transportiren vermag. Die Geschwindigkeit des Fliessens hängt aber von der Grösse der in Wirksamkeit tretenden Wassermenge ab. Hat man nun unter sonst gleichen Verhältnissen, also bei gleichem Gefälle u. s. w., zwei verschieden grosse Wassermengen, welche ein und dieselbe Geröllmasse transportiren sollen, so wird die grössere Wassermenge dieselbe mit sich fortführen, die kleinere wird sie hingegen bald ablagern und anhäufen. Die kleinere Wassermenge wird also unter solchen Umständen die bedeutendste Schicht hinterlassen, während die grössere nur wenig Ablagerungen erzeugt und vielleicht erodirend wirkt. Es ist also durchaus nicht gestattet, die mächtigsten Geröllablagerungen für das Werk der bedeutendsten Ströme zu halten.

Nun ist selbstverständlich, dass bei dem Rückzuge der Vergletscherung bedeutendere Wassermengen erzeugt wurden, als dem herannahenden Eise entströmten; die Zufuhr von Material durch den Gletscher, welches dann die Beute der Gletscherwasser wurde, ist ferner in beiden Fällen nicht die gleiche, indem während des Rückzuges das Material der Endmoränen den Wassern vorenthalten blieb. Verschieden grosse Wassermengen erfassen also verschiedene Mengen Materiales, und zwar die grössere Wassermasse die geringere Schuttmasse. Der Fall, den wir oben auseinandersetzten, dass die kleinere Wassermenge diesen Schutt nur ein Stück weit transportirt und dann anhäuft, während ihn die grössere weit mit sich fortführt, wird nun noch gesteigert. Beim Herannahen der Vergletscherung müssen die Gletscherwasser vor dem Eise Geröll anhäufen, beim Abschmelzen hingegen werden sie das erfasste Material weit mit sich fortführen, und werden vielleicht in der Nähe des Eises erodiren. Ganz im Einklange mit diesem, auf theoretischem Wege erhaltenen Ergebnisse sahen wir nun die unteren Glacialschotter in der Nähe des Gletschergebietes mächtig an-

Digitized by Google

gehäuft, und diese Anhäufung nahm an Intensität sichtlich ab, je mehr wir uns vom Gletschergebiete entfernten. Es verflachten sich die Terrassen des unteren Glacialschotters in den Thalboden. Dagegen sehen wir den oberen Glacialschotter im alten Gletschergebiete nur wenig entwickelt, und bemerken, wie zur Zeit des Gletscherrückzuges vielfach Erosionsprocesse durch fliessendes Wasser beginnen. Es werden die Moränenwälle durchbrochen und Kanäle von den centralen Depressionen nach Norden eingerissen. Es gibt selbst Stellen, welche eine besonders heftige Wasserwirkung bekunden. So sah ich in horizontalen Schotterflächen nördlich Grafrath im Isargletschergebiete und bei der Königswarther Innbrücke unterhalb Wasserburg im Bereiche des alten Inngletschers tiefe kesselartige bis muldenförmige Einsenkungen, welche allseitig von den horizontalen Schotterschichten umgeben werden. Ich weiss nur eine Erklärung dieser Erscheinung, nämlich die, dass besonders rasch strömende Wassermengen diese in ihrer Ausdehnung und Tiefe wenig bedeutenden Einsenkungen auswuschen, und möchte als Analogon auf jene tiefen Ausfurchungen hinweisen, die das Wasser manchmal bei Dammbrüchen hinterlässt. So gesellen sich zu den Unregelmässigkeiten der Moränenlandschaft, welche durch die wechselnde anhäufende Thätigkeit des Eises erzeugt wurden, auch solche, die lokal durch besonders heftig erodirende Wassermengen verursacht wurden. Lehren doch unsere heutigen Gletscher, wie durch sie manchmal das Wasser aufgestaut wird, um dann mit verheerender Vehemenz seinen Damm zu durchbrechen, und Aehnliches mag auch beim Rückzuge der Eisbedeckung mehrfach vorgekommen sein. Aber es sei nochmals darauf hingewiesen, dass jene Furchen, die durch derartige Processe entstanden sein mögen, in den vielen Unebenheiten des Moränengebietes beinahe verschwinden. Ihre Tiefe beträgt bei Grafrath 5, bei der Königswarther Brücke 10 m. Es sind also nur unbedeutende Rinnen, keine Seen, welche das Wasser auswusch.

Weitere Spuren intensiver Wasserwirkungen, die sich an den Gletscherrückzug geknüpft haben könnten, sind mir nicht bekannt geworden. Es sei hervorgehoben, dass ich trotz aufmerksamen Suchens keinen einzigen Riesentopf in meinem Gebiete an solchen Stellen entdeckte, wo er unter Mithilfe des Eises entstanden sein

Digitized by Google

könnte. Desgleichen sah ich nirgends Gebilde, welche sich den „Puhlen“ und „Söllen“ Norddeutschlands an die Seite stellen liessen. Dagegen traf ich häufig geologische Orgeln, theils im Gebiete diluvialer Schotter, theils auf älteren Gesteinen. Endlich vermisste ich auch Spuren jener eigenthümlichen Wasserwirkung, die im Norden als Åsar auftreten. Es wurde mir beim Durchwandern meines Gebietes nirgends ein Longitudinalrücken bekannt, der sich seiner Zusammensetzung nach den schwedischen Åsar vergleichen liesse; sämmtliche Rücken, die man ihrer Lage nach vielleicht für Åsar halten möchte, wie z. B. in der Gegend von Rosenheim und zwischen Ammer- und Würmsee, erweisen sich als Längsmoränenwälle.

Der obere Glacialschotter, besonders aber der kiesige Moränenschutt Oberbayerns finden in Norddeutschland in dem Decksand ein Analogon. Allerdings wird unter diesem Namen alles zusammengefasst, was an kiesigen Gebilden über dem Geschiebelehme liegt. So wird in der Gegend von Berlin als Decksand ein wenig mächtiger Kies bezeichnet, der sich als ein Auswaschungsprodukt der liegenden Grundmoräne deuten lässt. Von ganz anderer Entwicklung ist hingegen der Decksand auf dem baltischen Landrücken; er besitzt hier eine höchst beträchtliche Mächtigkeit, wie ein Bohrversuch in der Nähe von Danzig[1]) kennen lehrte, und seine Oberfläche besitzt alle charakteristischen Züge der Moränenlandschaft. Diese Decksandablagerungen, welche ich in der Gegend von Hamburg kennen lernte, sind meist ungeschichtet, und sie sind es, welche mir das Studium des oberen Glacialschotters und kiesigen Moränenschuttes in Südbayern ins Gedächtniss zurückrief. Besonders hat der letztere manche Züge mit dem Decksande gemein. Beide führen grosse eckige Gesteinsblöcke, beide besitzen einen oft verworrenen Aufbau, ich kann mich aber nicht entsinnen, ob in den gedachten Decksandablagerungen auch gekritzte Geschiebe vorkommen, um den Vergleich auch in dieser Richtung durchführen zu können. Die vielen Angaben über die petrographische

---

[1]) Jentzch: Berichte über die geolog. Durchforschung der Provinz Preussen. Schriften d. Phys.-ökon. Gesellsch. Königsberg 1876. p. 146. 1877. p. 215.

Digitized by Google

Beschaffenheit der Schwemmlandsglieder in Norddeutschland geben leider in dieser Hinsicht keine Auskunft. Sie unterrichten uns zwar genauestens über die Korngrösse der einzelnen Gebilde, nicht aber welche Ablagerungen durch die Führung gekritzter Geschiebe ausgezeichnet sind.

Kapitel XVI.

Das alpine Inlandeis.

Muthmaassliche Grenze der Firnbedeckung. Inlandeis in den Alpen. Beziehungen zwischen dem alpinen und skandinavischen Inlandeis. Ansteigen des Inlandeises nach dem Centrum. Mächtigkeit des skandinavischen Inlandeises. Mangel an Oberflächenmoränen auf dem Inlandeise. Ursachen dafür. Gesteinstransport unter dem Inlandeise, Bildung der Grundmoränen. Erodirende und aufbauende Wirkung des Inlandeises. Grösse der Gletschererosion im Isargebiete, am Unteraargletscher. Das Eis bewegt Material unter sich bergan. Schotter als wesentliche Glieder von Glacialformationen. Allgemeiner Aufbau aller Glacialformationen.

Die Alpen waren zur Glacialzeit ein Centrum, von welchem nach allen Seiten hin Gletscher ausstrahlten. Dieselben folgten allenthalben den Thälern, wo diese Thäler ineinandergreifen, wie in den deutschen Alpen, kommen auch die einzelnen Gletscher in Berührung und verschmelzen zu einer einheitlichen Masse. Je nach ihrer Grösse und der Temperatur ihrer Umgebung erstrecken sich die einzelnen Gletscher verschieden weit auf das alpine Vorland; auf dem wärmeren Südabhange des Gebirges treten sie nur ein Stück weit aus dem Gebirge heraus, auf der kälteren Nordseite treffen sich die einzelnen Eisströme am Fusse des Gebirges und verschmelzen zu einem einheitlichen Meere von Eis. Noch wissen wir zwar nichts über die Entwickelung der Vergletscherung in den östlichen Alpen und im südwestlichsten Ende des grossen Gebirges, allein es lässt sich annehmen, dass hier die Verhältnisse den geschilderten völlig analog waren. So erscheinen die Alpen zur Glacialzeit völlig vereist, nur ihre höchsten Gipfel ragen aus dem Meere von Eis hervor, und ihr Nordfuss ist unter einer Eismauer verborgen, welche jedoch nach Osten und Westen zu sich allmählich verliert.

Bei Betrachtung einer so enormen Eisbedeckung muss sich wol die Frage aufdrängen, wo denn die Firnmassen lagerten,

Digitized by Google

welche dieselbe speisten. Es liegt auf der Hand, dass dieselben nicht auf die Mulden und Einsenkungen der Theile des Gebirges beschränkt sein konnten, welche aus dem Eismeere hervorragten. Diese boten nur viel zu geringen Raum. Es erhoben sich nur unbedeutende Gebirgsinseln aus dem Eise. Es muss der Firn sich auch weit über die Gletscher selbst ausgebreitet und dieselben oberflächlich bedeckt haben, und es ist nun zu entscheiden, bis wohin sich diese Firnbedeckung der diluvialen Gletscher erstreckt hat.

Alph. Favre[1]) ist der erste gewesen, der sich mit Beantwortung dieser Frage betreffs der schweizer Gletscher beschäftigt hat. Er fasst den Begriff Gletscher weiter als es J. de Charpentier und Agassiz thaten. Er bezeichnet als Gletscher Eisstrom und Firnfeld zusammen und unterscheidet demgemäss an jedem Gletscher einen nährenden Theil, wo sich die Firnmassen anhäufen und in Eis verwandeln, sowie einen abfliessenden Theil, welcher niemals durch den Schnee vermehrt wird, der auf ihn fällt. Hiervon ausgehend sucht er nun nachzuweisen, dass sich nährender und abfliessender Theil ungefähr die Wage halten müssten, und entwickelt, dass diejenigen Theile der diluvialen Gletscher der Schweiz, welche in Thäler eingesenkt waren, als nährend, während die sich über das ebene Vorland verbreitenden Massen als abfliessend anzusehen seien. Er zeigt, dass die so begrenzten nährenden und abfliessenden Theile beim alten Rhein- und Rhonegletscher dieselben Flächen bedeckt hätten.

Es scheint mir aber, als ob die Voraussetzung Favre's, dass der nährende und abfliessende Theil genau gleichgrosse Räume bedecken, nicht ganz richtig sei. Betrachtet man z. B. die norwegischen Gletscher, so findet man, dass der nährende Theil den abfliessenden räumlich weit übertrifft. Bei einer Gesammtoberfläche von 250 qkm entfallen z. B. beim Folgefond, dem einen Gletscherbezirke Norwegens, nur höchstens 30 qkm auf Gletscher, das übrige ist Firnfeld, also nährend. Ich glaube, dass man unbedenklich die Verhältnisse, welche unsere heutigen

[1]) Sur la carte des anciens glaciers et du terrain glaciaire de la Suisse. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. 3. 1874/75. p. 715.

Digitized by Google

Gletscher in dieser Hinsicht darbieten, auch auf die diluvialen Gletscher übertragen darf. Heute sind die Gletscher so weit mit Firn bedeckt, als sie sich über die „Linie des ewigen Schnees“ erheben, und so wird es bei den diluvialen Eisströmen auch der Fall gewesen sein. Die Entfaltung gewaltiger Eismassen zur Diluvialzeit setzt eine Temperaturerniedrigung voraus, und eine solche hat das Herabsinken der Grenze des ewigen Schnees oder besser der Firnlinie zur Folge. Nun weiss man aber freilich weder, wie viel die Temperaturerniedrigung zur Diluvialzeit betragen hatte, noch um wie viel die Firnlinie tiefer lag wie heute; denn deren Lage wird ja nicht allein durch die Temperaturerniedrigung bestimmt. Heute liegt die Firnlinie in den östlichen Alpen 2800 m hoch, und die untere Gletschergrenze wird im Mittel zu 1750 m veranschlagt. Zur Diluvialzeit stiegen in Oberbayern die Eisströme im Mittel bis auf 550 m herab. Sollte es nun gestattet sein, anzunehmen, dass sich zur Diluvialzeit die Firnlinie um gleichviel gesenkt habe wie die untere Gletschergrenze, so dürfte sie in 1600 m Meereshöhe gelegen haben; berücksichtigt man aber noch, dass in dem Pogebiete die Gletscher bis auf 50 m Meereshöhe herabreichten, so dürfte die Höhe der Firnlinie auf 1100 m zu veranschlagen sein. Nehmen wir an, dass sie den Mittelwerth gehabt habe, dass sie 1350 m hoch gelegen sei, ein Ergebniss, das mit dem von Höfer[1]) erzielten wol nur zufällig übereinstimmt. Bei dieser Annahme mussten alle Eisströme, welche bis über 1350 m anstiegen, mit Firn bedeckt sein, d. h. das gesammte Eismeer in den nordtiroler Alpen und noch Theile des auf der oberbayerischen Hochebene ausgebreiteten trugen oberflächlich Firn. Sie gehörten demnach zu den nährenden Theilen der Vergletscherung. Allerdings mag die Firnbedeckung nicht so kontinuirlich gewesen sein, wie die in den höchsten Regionen der Hochgebirge. Sie mag vielfach von Kanälen durchschnitten gewesen sein, vielfach vereist, so wie es heute auf der Eisbedeckung Grönlands der Fall ist. Die Alpen müssen eben zur Glacialzeit ein ähnliches Bild gewährt haben wie das heutige

[1]) Gletscher- und Eiszeit-Studien. Sitzungsber. der Akademie der Wissensch. I. Abth. LXXIX. Wien, April 1879. Vergl. Referat, Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1881. I. p. 64.

Digitized by Google

Grönland. Gleich diesem nährten sie nicht bloss einzelne Gletscher, sondern trugen eine zusammenhängende Schnee- und Eishülle, aus welcher nur die höchsten Gipfel und Bergzüge einsam herausragten, und welche das Gebirge nach aussen gleich einem Eisgürtel umgab. Die Alpen trugen ein Inlandeis.

Ein Inlandeis ist mehr als ein Gletscher im Sinne von CHARPENTIER und AGASSIZ. Ein Gletscher ist nach diesen beiden ein Eisstrom, welcher aus einem Firnfelde herausquillt.[1]) Das Inlandeis umfasst Gletscher und Firnfeld zugleich. Es ist aber dennoch mehr als ein Gletscher im Sinne A. FAVRE's. Ein solcher besteht, wie es in den Alpen meistens der Fall ist, aus einer zwischen hohen Felswänden gelagerten Firnmulde, aus welcher das Eis nur an einer Stelle, am unteren Ende der Mulde zu Tage tritt. Das Inlandeis hingegen dehnt sich kontinuirlich aus; überall lagert zuunterst Gletschereis, darüber die allerdings oft unkenntlich gewordene Firndecke, und das Gletschereis kommt an verschiedenen Stellen mindestens, wenn nicht ganz allgemein, am Rande, normale Gletscher bildend, zum Vorschein. Ein Gletscher A. FAVRE's ist demnach nur ein Theil einer Inlandeismasse. Er erfüllt ein Thal, das Inlandeis umkleidet ein Gebirge und sendet nach allen Richtungen einzelne Gletscher aus. Ein Gletscher ist also gewissen orographischen Zügen untergeordnet, das Inlandeis dagegen nicht. Das Inlandeis ist, wie RINK[2]) sich ausdrückt, eine Ueberschwemmung, oder, um mit NORDENSKJÖLD[3]) zu reden, ein Eissee, während ein Gletscher nur der Eisstrom ist, der das Inlandeis entwässert. Zwischen einem Inlandeise und einem Gletscher besteht ein quantitativer Unterschied, welcher sich in der Schnelligkeit und in der Grösse der sich bewegenden Masse äussert.

AGASSIZ war es zuerst, welcher die Existenz eines Inlandeises muthmaasste. Er fühlte wol, dass die Voraussetzuug blosser Gletscher nicht das Glacialphänomen im Norden und in den

---

1) Essai sur les glaciers. 1841. § 3 und § 4.

2) Grönland, geographisk og statistisk beskrevet. Bd. I. p. 13. Bd. II Anhang. p. 169.

3) Account of an expedition to Greenland in the year 1870. Geolog. Magaz. IX. 1872. p. 363.

Digitized by Google

Alpen erklären könnte. Er griff daher zur Annahme von Eisdecken, welche über jene Gebiete sich verbreiteten. Diese Eisdecken von AGASSIZ entsprechen genau einem Inlandeise, umsomehr als AGASSIZ von ihnen mittheilt, dass sie von Firn bedeckt gewesen seien.[1]) Diese Ansichten von AGASSIZ haben grossen Widerspruch erfahren. Aber seitdem haben sich die Anschauungen wesentlich geklärt. RINK beschrieb das grönländische Inlandeis und hob dessen Unterschiede von einem Gletscher hervor, und CROLL[2]) stellte Erörterungen über die Theorie des Inlandeises an. Die Existenz ganzer Eisdecken steht nun ausser allem Zweifel. Die Annahme eines alpinen Inlandeises bedeutet also eine Rückkehr zu den früheren, eine Zeit lang verworfenen Ansichten von AGASSIZ. Allerdings sind wir weit davon entfernt, einen tiefgreifenden genetischen Unterschied zwischen einer Eisdecke, also einem Inlandeis, und einem Gletscher anzunehmen, wie AGASSIZ eine Zeit lang, beide sind Phänomene derselben Art, die sich nur durch ihre Entfaltung und Grösse unterscheiden und demnach sich in verschiedener Weise gegenüber dem Relief des Landes verhalten.

Neuere Untersuchungen haben gelehrt, dass sich im Norden Europas eine gewaltige Inlandeismasse zur Glacialzeit ausbreitete. Von Skandinavien strahlte ein Meer von Eis aus bis in das Herz Russlands, bis in das Flussgebiet des Schwarzen Meeres, es schob sich über die Ostsee hinweg nach Norddeutschland, es durchmaass die Nordsee, um sich nach England zu erstrecken, wo es mit dem schottischen Inlandeise verschmolz. Die Uebereinstimmung der Moränen dieser Eismasse mit denjenigen der alten alpinen Gletcher ist geradezu überraschend. Die süddeutschen Grundmoränen tragen, wie bereits angedeutet, den Charakter des norddeutschen Geschiebelehmes, sie treten mit ganz ähnlichen geschichteten Gebilden auf wie letzterer; die Bänderthone und Schleppe Brandenburgs kehren in Südbayern wieder, und der dortige Glacialschutt gleicht dem Decksande des preussisch-pommerischen Landrückens. Bei aller Uebereinstimmung, welche in ihren Hauptzügen schon längst von

[1]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 299.
[2]) Climate and Time. 1875. p. 374.

Digitized by Google

Desor[1]) konstatirt ist, könnte es aber doch scheinen, als ob ein wesentlicher Unterschied in der Bewegung des nordeuropäischen Inlandeises mit dem alpinen bestanden habe.

Das ganze mittlere Schweden ist mit Gletscherschliffen übersät. Doch sie alle verathen ein und dieselbe Bewegungsrichtung des Eises, unter welchen geographischen Umständen sie auch auftreten mögen. Die Schrammungsrichtung kreuzt den Mälaren, sie ist dieselbe auf den südlich und nördlich dieses Sees sich erhebenden Hügeln, und ändert sich nicht auf dem småländischen Plateau. Ohne Rücksicht auf das Becken der Ostsee, auf die Tiefen der Nordsee zu nehmen, verbreiteten die skandinavischen Eismassen sich geradlinig nach Norddeutschland und Grossbritannien, ja erklommen selbst die mitteldeutschen Gebirge. Das skandinavische Inlandeis wurde also in seiner Bewegung nicht von der Bodenkonfiguration beeinflusst, während dieselbe dem alpinen Inlandeis so scharf seinen Weg vorzeichnete.

Doch dieser Unterschied ist nur ein scheinbarer, er verschwindet, wenn Entsprechendes verglichen wird. Mit dem Glacialphänomen der Alpen dürfen wir nicht dasjenige des schwedischen Hügellandes, sondern nur das der skandinavischen Gebirge vergleichen. Dann findet sich vollste Uebereinstimmung. In den norwegischen Bergländern tritt dieselbe Abhängigkeit der Eisbewegung von dem Relief des Landes auf, wie in den Alpen, auch dies betonte schon Desor bei seinem Vergleich der erratischen Gebilde Skandinaviens mit denen der Alpen. Sobald wir jedoch aus jenen Gebirgen in ebeneres Terrain kommen, so finden wir, dass sich das Eis unabhängig von den Oberflächenformen des Landes bewegte. Dieselben erscheinen zu unbedeutend, um den mächtigen Eismassen einen Weg vorschreiben zu können. Ganz ebenso verhält es sich aber auch mit den Alpen. Sobald die Eisströme das Gebirge verliessen, breiteten sie sich ohne Rücksicht auf die Terrainverhältnisse aus und bewegten sich untereinander parallel. Dies lehrte vor allem das Studium der bayerischen Hochebene, während in der Schweiz das Phänomen einige Komplikation

[1]) Phénomènes erratiques en Skandinavie comparés à ceux des Alpes. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IV. 1846/47. p. 182.

Digitized by Google

erhält. Es besteht lediglich folgender Gegensatz zwischen dem skandinavischen und alpinen Inlandeise, dass das erstere sich weit über ebenes Land erstreckte, während das letztere sich im wesentlichen auf das Gebirge beschränkte. Während von den skandinavischen Gebirgen das Eis bis an die mitteldeutschen Gebirge reichte, erstreckte sich das alpine höchstens 70 km weit von den Bergen. Der ganze Unterschied ist ein quantitativer, welcher darauf beruht, dass das Glacialphänomen im Norden eine weit bedeutendere Entwickelung erlangte als im Süden.

Gerade aber das nordeuropäische Inlandeis liefert ein Beispiel dafür, dass nicht bloss die in den Bergen eingeengten Theile als nährend aufgefasst werden dürfen, wie es A. Favre für die alpinen Gletscher der Diluvialzeit annimmt. Man hätte hier einen ungemein kleinen nährenden, einen riesigen abfliessenden Theil, und das lässt sich nicht miteinander vereinbaren.

Das Inlandeis der Alpen erreichte seine grösste Meereshöhe in dem Centrum, von welchem es ausstrahlte, und nach diesem Punkte hin stieg es an. Für die Schweiz haben dies in überzeugendster Weise die Untersuchungen von A. Favre gelehrt. A. Favre[1]) zeigte, dass der Walliser Gletscher sich bis zu über 3500 m erhoben hat und sich dann allmählich im Sinne des Thales, jedoch rascher als dasselbe senkte. Dabei ergab sich, dass der Neigungswinkel der Eisoberfläche ein sehr geringer war, im Maximum betrug er 2,9 $^0/_0$, im Mittel unter 1 $^0/_0$. Zu einem ganz ähnlichen Ergebnisse führt die Untersuchung der oberen Geschiebegrenze in den nordtiroler und oberbayerischen Alpen. Erstreckten sich diese Studien zwar nicht bis zum Centrum der Eisbewegung, so lassen sich doch ein allgemeines Abfallen der Gletscher von diesem Punkte her erkennen. An der Einmündung des Oetzthales erreichte der Inngletscher ein Niveau von nahezu 2000 m. Im Seefelder Passe hinterliess er Spuren in 1600 m, in dem Partenkirchener Becken stieg sein Zweig, der Isargletscher, bis zu 1550 m an, derselbe erreichte nahe am Abfalle des Gebirges noch 1450 m Höhe, er überdeckte noch den Hohen Peissenberg mit beinahe

[1]) Description géologique du canton de Genève. t. I. § 124—128. 1879 (Bull. Soc. des arts de Genève, classe d'agriculture. No. 79. 1879).

Digitized by Google

1000 m Meereshöhe und endete erst 70 km vom Gebirge entfernt in einer Höhe von 530 m. Er senkte sich also auf dieser Strecke um 900 m, das entspricht ungefähr einer Neigung von 1:75. Eine weit geringere Neigung besassen die Eisströme im Gebirge selbst. So senkte sich der Inngletscher vom Tschirgant bis zum Achensee auf eine Entfernung von 75 km um 530 m, es ergibt sich daraus ein Gefälle von 1:140, und vom Tschirgant bis in die Gegend von Oberammergau, also in einer Entfernung von 60 km, senkte sich das Niveau des Eises von 2000 m auf 1450 m herab, besass also eine Neigung von 1:110. Aehnliches ist aus den Berichten von A. Favre, Falsan und Chantre[1]) über das Niveau des Rhonegletschers zu entnehmen. Während derselbe am Molard-de-Don unweit Belley an den Gehängen des Jura noch in 1100 m Höhe Blöcke strandete, endete er 60 km davon bei Lyon in 200 m Meereshöhe, senkte sich also mit einer Neigung von $1:66\,{}^2/_3$, während er in den Alpenthälern auf grosse Strecken fast horizontale Oberfläche und im Mittel ein Gefälle von unter $1\,{}^0/_0$ besass. Es findet sich also, dass sich das Eis in den Alpenthälern weit weniger rasch senkte als in dem alpinen Vorlande, und dieser Gegensatz wird noch erhöht, wenn man in Berücksichtigung zieht, dass sich im Gebirge die Unterlage des Eises in gleichem Sinne wie dasselbe senkte, während sie auf der Hochebene ziemlich horizontal lag und eher in entgegengesetztem Sinne als das Eis geneigt war. Es erhellt hieraus, dass die Randpartien des Inlandeises steiler ansteigen als die centralen Partien.

Ganz ebenso, wie es sich mit dem früheren alpinen Inlandeise der Alpen verhielt, ist es heute noch in Grönland.[2]) Die dänische Expedition des Jahres 1878 fand bei ihrer Wanderung auf das Inlandeis, dass dasselbe an seinem Saume unter einem Winkel von 2° 14′ (1 : 26) ansteigt, während es am äussersten errreichten Punkte, nur unter einem Winkel von 0° 17′ (1:200) anschwillt, ohne hier

---

[1]) Etude sur les anciens glaciers et sur le terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône. Annal. d. l. soc. agric. de Lyon. V. S. t. I. 1878. p. 573—883.

[2]) Jensen in Meddelelser om Grönland. Heft I. 1879. p. 116.

Digitized by Google

die grösste Höhe erreicht zu haben. Weiter landeinwärts steigt das Inlandeis noch höher an. In der That berichten auch alle früheren Reisenden, wie aus den schätzenswerthen Zusammenstellungen von JAMES CROLL[1]) deutlich hervorgeht, dass das grönländische Inlandeis landeinwärts überall ansteigt, und wirklich muss eine jede über eine grosse Fläche gebreitete Inlandeismasse in ihrem Centrum die höchste Erhebung haben, wenn sie sich in radiärer Richtung bewegen soll. Es ist daher auch anzunehmen, dass das grosse nordeuropäische Inlandeis in seiner Mitte die grösste Erhebung über den Meeresspiegel erreichte. Nur unter dieser Voraussetzung ist es möglich, dass es einst an dem mitteldeutschen Gebirge in die Höhe stieg. Wie stark freilich die Neigung seiner Oberfläche gewesen ist, das lässt sich durch direkte Beobachtung nicht entnehmen, und es verbietet sich von selbst, die Resultate, zu welchen das Studium der Oberflächenneigung alpiner Gletscher führt, auf das nordische Inlandeis zu übertragen.

Senkte sich z. B. die Oberfläche desselben in dem Maasse, wie die des Isargletschers auf der bayerischen Hochebene, so müsste sein Centrum, das in den skandinavischen Hochlanden zu suchen ist, ungefähr 15000 m hoch gelegen haben. Es ergibt sich dieses aus den folgenden Angaben:

In Mitteldeutschland stieg das skandinavische Inlandeis bis 500 m über den Meeresspiegel an (Riesengebirge); von diesem Punkte aus muss es nach dem Centrum der Eisverbreitung kontinuirlich angestiegen sein. Dieses Centrum liegt mindestens zehn Breitengrade nördlich vom Riesengebirge; also 1100 km von demselben entfernt. Auf diese Entfernung senkte sich die Oberfläche des Eises im Verhältniss 1 : 75, auf den km nämlich 13 m, im Ganzen also um 1100 × 13 = 14430 m. Dazu die Höhe, bis zu welcher es anstieg = 500 m, das gibt als Höhe für das Centrum ca. 15000 m. Zu einem noch grösseren Resultate gelangt man, wenn man von dem Neigungswinkel ausgeht, welchen die Dänen auf grosse Strecken am grönländischen Inlandeise beobachteten.

---

[1]) On the thickness of the antarctic Ice. Quart. Journ. of Science. 1879.

Digitized by Google

Dasselbe senkt sich auf eine Strecke von 35 km unter 0° 49′, also auf den km um 14,5 m. Unter dieser Voraussetzung würde das Centrum der Vergletscherung 16500 m hoch gelegen haben.

Aber selbst wenn man eine Messung benutzt, welche durch Beobachtungen über den Abfall des nordischen Inlandeises gewonnen wurde, kommt man zu einem ähnlichen, erstaunlichen Resultate. JAMES GEIKIE's[1]) ergebnissreiche Studien über die Vergletscherung der äusseren Hebriden zeigen, dass sich das schottische Inlandeis von dem Hauptlande bis zu jenen Inseln im Verhältnisse 1 : 211 gesenkt hat. Unter Voraussetzung, dass die Neigung des grossen nordischen Inlandeises durchweg dieselbe wie die des schottischen gewesen — was natürlich nur eine Voraussetzung, nicht einmal eine Vermuthung ist — würde der höchste Punkt des nordischen Eises in

$$500 + \frac{1100 . 1000}{211} = 500 + 5734 = \text{ca. } 6200 \text{ m}$$

Meereshöhe, also noch 4000 m über den Gipfeln der skandinavischen Berge gelegen haben.

Nach den Beobachtungen von COOK[2]), welche CROLL am angeführten Orte mitgetheilt hat, senkte sich die Oberfläche des nordamerikanischen Inlandeises um 34 engl. Fuss auf die englische Meile, also um 6 m auf den km, ein Ergebniss, welches mit dem von JAMES GEIKIE gewonnenen fast völlig übereinstimmt. Bei Anwendung desselben auf das nordeuropäische Inlandeis würde dessen höchster Punkt in einer Höhe liegen

$$500 + 1100 . 6 = 7100 \text{ m}$$

Nun rühren allerdings jene Beobachtungen von GEIKIE und COOK vom Rande des Inlandeises her, wo dasselbe eine steilere Neigung besessen hat, als in centralen Partien, aber selbst, wenn man mit CROLL die mittlere Neigung des nordischen Inlandeises auf 12 bis 13 engl. Fuss auf die englische Meile, d. i. auf 2,3 bis 2,6 m auf den km schätzt, also ein Gefälle annimmt, welches weit geringer

[1]) On the glacial Phenomena of the long Islands or outer Hebrides. IInd part. Quart. Journ. geol. Soc. 1878. p. 861.

[2]) Ann. Rep. Geolog. Survey of New-Jersey. 1878.

Digitized by Google

ist als das der alten alpinen Eisströme und als die beobachtete Neigung der heutigen Inlandeismassen, so erhält man für das Centrum der nordeuropäischen Vergletscherung eine Meereshöhe von

$$500 + 1100 . 2,5 = 3250 \text{ m.}$$

Ueber der Ostsee müsste unter dieser Minimal-Annahme das Eis immerhin schon bis auf 1875 m angestiegen sein, und seine Mächtigkeit müsste, da die Tiefe der Ostsee an den betreffenden Stellen, es ist ungefähr die Gegend der Insel von Bornholm gemeint, 125 m übersteigt, über 2000 m betragen haben.

Die Betrachtung des grönländischen Inlandeises lehrt, dass ein Inlandeis nach seinem Centrum zu ansteigt; die Verfolgung von Glacialerscheinungen macht solches für gewisse Theile der grossen Inlandeismassen des Nordens, sowie für die Alpen sicher, und in seiner mehrfach erwähnten anregenden Schrift über die Dicke des antarktischen Eises weist Croll nach, dass es so sein muss. Nehmen wir an, dass Norddeutschland von dem skandinavischen Inlandeise bis zum 51. und 50. Breitengrade bedeckt gewesen ist, so müssen wir dem auseinandergesetzten Verhältnisse völlig Rechnung tragen und dürfen keine Ausnahmegesetze annehmen. Gehen wir von den thatsächlichen Beobachtungen über die Neigung des heutigen grönländischen der früheren alpinen Inlandeismassen aus, so erhalten wir für die Höhe des Mittelpunktes der Vergletscherung des Nordens eine erstaunliche kaum begreifliche Zahl. Gehen wir von Messungen aus, welche über das Gefälle des nordischen Inlandeises an dessen Spuren haben gemacht werden können, so ergibt sich zwar eine weit weniger hohe, aber doch noch geradezu unfassbare Zahl für dessen höchsten Punkt. Rechnen wir endlich, dem Beispiele Croll's folgend, mit einer Minimalzahl für den Abfall des Eises, welche ungleich geringer ist, als die entsprechende des grönländischen Inlandeises, der nordischen Eismasse selbst oder gar der alpinen Gletscher, so erhalten wir für das Centrum der nordischen Vergletscherung eine Höhe, welche die der höchsten Berge Skandinaviens noch unter sich lässt, und für die Mächtigkeit des Eises in der Ostsee zwischen Deutschland und Schweden ergibt sich die Summe von 2000 m.

Obwol ich weiss, dass alle diese Rechnungsresultate rein

Digitized by Google

hypothetischer Natur sind, indem diejenigen, welche auf Beobachtungen beruhen, einseitig gewonnenes Material verallgemeinern, und voraussetzen, dass die mittlere Neigung des Inlandeises der beobachteten partiellen entspricht, und indem die Rechnung, welche von einer mittleren Neigung des Inlandeises ausgeht, für dieselbe eine rohe Schätzung zu Grunde legt, so habe ich sie doch hier ausgeführt, um zu zeigen, dass die Mächtigkeit der Eisbedeckung in Norddeutschland unter allen Umständen eine höchst beträchtliche gewesen sein muss. Sicher war sie nicht geringer als die der alpinen Gletscher, und die Annahme, dass die Mark Brandenburg und der pommersche Landrücken während des Maximums der Vergletscherung unter einer 1000 m mächtigen Eisdecke begraben lagen, kann nach obigen Rechnungen nicht nur nicht als extravagant gelten, sondern muss eher als zu niedrig als zu hoch gegriffen erscheinen. Nimmt man nun an, dass das norddeutsche Eis einmal zum Schwimmen kam, wie Berendt[1]) annimmt, so muss man eine Senkung von mindestens 900 m nachweisen können, denn $^{9}/_{10}$ einer Eismasse tauchen unter Wasser, wenn dieselbe schwimmt. Eine derartige Senkung müsste zahlreiche Spuren hinterlassen haben, solche aber fehlen. Ob sich dann ferner die Annahme, dass die Eisbedeckung eine lückenhafte gewesen, dass mitten im Inlandeise eisfreie Inseln existirten, wie Jentzsch annimmt[2]), mit der erstaunlichen Mächtigkeit des Eises verträgt, vermag ich nicht zu entscheiden, da ich mir dergleichen eisfreie Inseln überhaupt nicht vorstellen kann.

Es gehört zu den charakteristischen Eigenthümlichkeiten des grönländischen Inlandeises, dass es fast keine Oberflächenmoränen besitzt, und dass die spärlichen Spuren solcher Bildungen meist auf Grundmoränen zurückzuführen sind, wie durch die dänische Expedition erwiesen wurde.[3]) Dasselbe gilt, wie ich schon früher hervorhob, von dem Folgefond und Justedalsbrä in Norwegen

[1]) Gletscher- oder Drifttheorie in Norddeutschland. Zeitschr. der Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 1.

[2]) Jentzsch: Ueber die geschichteten Einlagerungen des Diluviums und deren organische Einschlüsse. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellschaft. XXXII. 1880. p. 666.

[3]) Meddelser om Grönland. Heft I. 1879. p. 139.

und der Mehrzahl ihrer Gletscher.[1]) Auch das enorme Inlandeis, welches Nordeuropa bedeckte, hat keine Reste von Seiten- oder Mittelmoränen hinterlassen, und eckiges Material, welches auf dem Rücken der Gletscher verfrachtet worden ist, spielt im norddeutschen Diluvium keine besondere Rolle. Die diluvialen Eisströme der Alpen besassen gleichfalls keine beträchtlichen Oberflächenmoränen, im Gegensatze zu den jetzigen Gletschern des Gebirges. Es gelang in Nordtirol und Oberbayern nirgends typische Seitenmoränen aufzufinden, es wurden nur einzelne Findlinge konstatirt, welche von Oberflächenschutt herrühren. Nicht anders liegen die Dinge in der Schweiz und den Vogesen.[2]) Agassiz[3]) hat auf diesen Punkt zuerst aufmerksam gemacht und seine „Eisdecken“ im Norden und den Alpen ebenso durch den Mangel an Oberflächenmoränen charakterisirt, wie wir das Inlandeis. Der Grund hierfür ist leicht einzusehen. Oberflächenmoränen können nur da entstehen, wo das Gletscherbett von enormen Felswänden begrenzt ist, wie es bei den heutigen Gletschern der Alpen gewöhnlich der Fall ist. Zur Glacialzeit erreichte nun die Vergletscherung eine erstaunliche Mächtigkeit, und in dem Maasse, wie sie anschwoll, verringerte sich die Möglichkeit, dass Gesteinsschutt auf sie herabfiel. Bedenken wir nur, dass aus dem Eismeer der nordtiroler Alpen bloss ganz vereinzelte unzusammenhängende Gipfel und Felsrücken aufragten, dass der bei weitem grösste Theil der Oberfläche des Landes vereist war. Unter solchen Umständen erscheint es ganz natürlich, dass Reste von Oberflächenmoränen in unserm Gebiete nicht angetroffen werden, und dass nur vereinzelte erratische Blöcke den Oberflächenschutt des Eises repräsentiren.

Geschah also während des Maximums der Vergletscherung nur ein sehr geringer Gesteinstransport auf dem Eise, so wurde umsomehr Material unter demselben verfrachtet. Agassiz stellte

[1]) Die Gletscher Norwegens. Mittheilungen des Vereins für Erdkunde. Leipzig 1879.

[2]) E. Collomb, Sur les dépôts erratiques des Vosges. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IV. 1846/47. p. 216.

[3]) The Glacial Theory and its recent Progress. The Edinb. new philos. Journal. Vol. XXXIII. 1842.

Digitized by Google

diese Ansicht zuerst auf, als er die Glacialphänomene Schottlands studirte und in dem „Till“ jene Gesteinsschicht erkannte, welche unter dem Eise vorwärts gepresst worden ist, und alle Autoren, welche nach ihm die Gletschererscheinungen Nordeuropas oder der Alpen studirt haben, sind zu derselben Anschauung gelangt. Allerdings, wie jene unter dem Eise transportirte Gesteinsschicht entstanden, ist noch nicht endgültig aufgeklärt. AGASSIZ[1]) leitet deren Material aus der Oberflächenmoräne, vornehmlich der Randmoräne her, und hebt ausdrücklich hervor, dass man sich nicht zu denken habe, dasselbe sei durch Zertrümmerung der Felsen unter dem Gletscher entstanden, wohingegen E. COLLOMB[2]) behauptete, die Grundmoränen entstehen dadurch, „dass der Gletscher selbst, durch seine unwiderstehliche Stosskraft von seinem Bette Stücke losreisst“. CHARLES MARTINS und A. FAVRE folgen der Ansicht von AGASSIZ; nordische Geologen hingegen stimmen E. COLLOMB bei, und auch wir sind zu demselben Ergebnisse durch das Studium der Grundmoränen Südbayerns gelangt. Folgende Thatsachen führen uns zur Anschauung COLLOMB's.

Wir bemerkten, wie das Material des unmittelbaren Untergrundes sich an dem Aufbau der Grundmoräne betheiligt, wie dieselbe dementsprechend ihr Aussehen mit ihrer Unterlage ändert. Wir sahen direkt, wie das Gestein des Untergrundes unter der Grundmoräne häufig aufgearbeitet ist und sich in dieselbe verwebt, wie sie auf kiesigem Boden Gerölle aufnimmt, auf thonigem fett und thonig wird. Es finden sich ferner Gesteine in der Moräne, welche nie über den Gletscher aufgeragt haben, sondern stets unter demselben begraben waren. Dies gilt von der Molasse Oberbayerns, von den Geschieben der noch zu besprechenden diluvialen Nagelfluh, deren Vorkommen schon ZITTEL[3]) als merkwürdig hervorhebt, vor allem aber von den Urgebirgsgeröllen der Grundmoräne, welche zweifellos dem unteren Glacialschotter entnommen sind.

---

[1]) Système glaciaire. Paris 1847. p. 110. 119.

[2]) Sur les dépôts erratiques de Vosges. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IV. 1846/47. p. 216.

[3]) A. a. O. Gletschererscheinungen. p. 263.

Digitized by Google

Zeigt sich so mannigfach, dass die Grundmoräne aus dem Materiale ihres Liegenden zusammengesetzt wird, also aus den Trümmern besteht, welche die Gletscher unablässig von ihrem Boden loslösen, so ist andererseits klar, dass sie nicht in der von AGASSIZ und CHARLES MARTINS angenommenen Weise aus dem Materiale der Oberflächenmoräne entstand, welches gelegentlich unter den Gletscher kam. Das Inlandeis Oberbayerns besass eben keine Oberflächenmoränen, zudem war die Mächtigkeit des Eises eine so beträchtliche, dass Schutt kaum von der Oberfläche des Gletschers auf dessen Boden gelangen konnte, selbst wenn er in die Spalten zwischen dem Eise und der Thalwandung fiel. Allerdings fanden wir, dass bei der Ausbreitung der Gletscher das Material der Endmoräne unter das Eis gerieth und in die Grundmoräne verwebt worden ist. Unzweifelhaft ist auf diesem Wege mancher Gesteinsblock, der ursprünglich dem Gletscher aufruhte, unter denselben gelangt. Allein ihrer Hauptmasse nach bestehen die Endmoränen der diluvialen Vergletscherung aus dem Materiale der Grundmoränen, und gerieth die Endmoräne bei der Ausdehnung der Gletscher unter dieselben, so war dies nichts anderes als Rückkehr an die ursprüngliche Lagerstätte des Materiales.

Ausgehend von einigen häufig untersuchten Gletschern der Alpen hat man die Bedeutung der Oberflächenmoränen vielfach überschätzt. Keineswegs jedem Gletscher sind Rand- und Mittelmoränen eigenthümlich, dies ist nur der Ausdruck bestimmter und meist seltener orographischer Verhältnisse; es sei hier nur an das Mer de glace und den Rhonegletscher erinnert, um zwei alpine Gletscher zu nennen, welche fast gar keinen Oberflächenschutt tragen, es sei ferner nochmals darauf hingewiesen, dass den von dem Inlandeise in Skandinavien und Grönland kommenden Gletschern meist alle Andeutungen von Oberflächenmoränen mangeln. Allen Gletschern aber sind Grundmoränen eigenthümlich, und die Trübung der Gletscherbäche zeugt davon, dass alle Eisströme, mögen sie nun mit Oberflächenschutt bedeckt sein oder nicht, wie meistens der Fall, in energischer Weise an der Abnutzung ihres Bettes arbeiten. Alle diese Thatsachen führen uns zu der Ansicht COLLOMB's zurück, dass die Grundmoräne durch Abnutzung des Gletscherbettes entstand, sie sind das Schleifpulver, welches bei

Digitized by Google

der unaufhörlichen Gletscherbewegung gebildet wurde. Der Gletscher erodirte also seine Unterlage. Die Existenz der Grundmoränen wird uns zum zwingenden Beweise für die vielfach angefochtene Gletschererosion.

Wenn man freilich an vielen Stellen unter den Grundmoränen völlig unversehrte lose Materialien, als da sind Lager von Kies, Sand und Bänderthongebilden, sieht, so möchte man leicht geneigt sein, die Gletschererosion stark in Frage zu ziehen, wie es in der That auch häufig geschieht. Allein James Geikie [1]) hat mehrfach gezeigt, dass ein solcher Schluss nicht stichhaltig ist; denn ein Gletscher erodirt nicht überall, sondern wirkt wie ein Fluss, hier erodirend, dort anhäufend, und wo er anhäuft, wird er loses Material unversehrt erhalten.

Die Verfolgung der Grundmoränen unseres Gebietes gewährt eine schöne Bestätigung der Geikie'schen Argumentation. Wir sahen auf der einen Seite, wie durch den Gletscher Material angehäuft wurde, während er auf der andern erodiren musste. Im Gebirge fanden wir nur lokal Spuren der anhäufenden Thätigkeit des Eises, und es liess sich erweisen, dass dieselben dort auftreten, wo die Gletscherbewegung langsam war oder verlangsamt wurde. Auf der Hochebene hingegen wurde zwar im allgemeinen Material angehäuft, in bedeutenderer Mächtigkeit jedoch nur an den Gletschergrenzen, während mehr nach dem Gebirge zu die centralen Depressionen als Bezirke der Erosion auftreten. Die Hochebene erscheint im Grossen und Ganzen als das Ablagerungsgebiet des alpinen Inlandeises, das Gebirge dagegen als dessen Erosionsgebiet. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem nordeuropäischen Inlandeise. In Russland und Norddeutschland wurden die Trümmer skandinavischer Gesteine in enormer Mächtigkeit abgelagert, und die skandinavische Halbinsel tritt uns als Erosionsgebiet entgegen. Wir entnehmen hieraus, dass ein Inlandeis in seinen peripherischen Theilen anhäufend wirkte, während es in seinen centralen Partien erodirte.

Indem er die Menge des an den peripherischen Theilen des nordeuropäischen Inlandeises angehäuften Schuttes berechnete,

[1]) Preservation of deposits under „Till". Geolog. Magaz. 1878. No. 2.

suchte HELLAND[1]) den Betrag zu ermitteln, um welchen Skandinavien durch Glacialwirkungen erniedrigt worden ist. Kontrolirt man seine Rechnungen, so erkennt man, dass die Grundlagen derselben eher zu niedrig als zu hoch gegriffen sind, und dennoch stellt sich heraus, dass das Niveau Skandinaviens durch die Thätigkeit des Inlandeises um 255 Fuss, also um ungefähr 80 m erniedrigt worden ist.

Man kann geneigt sein, das HELLAND'sche Verfahren auch für die Alpen anzuwenden. Allein man stösst dabei auf einige Schwierigkeiten. Während nämlich in den Ablagerungsgebieten des skandinavischen Inlandeises die Produkte der Glacialerosion koncentrirt erscheinen, erstrecken sich dieselben in den Alpen weit über das eigentliche Moränengebiet hinaus. Die enormen Massen glacialer Schotter, welche ihr Material der Grundmoräne entnahmen, lassen sich in Oberbayern bis zur Donau verfolgen, und die lehmigen und thonigen Substanzen, welche bei Abrollung des Schottermateriales entstanden, entziehen sich gänzlich der Betrachtung und Rechnung. Aber selbst wenn man ausschliesslich die unverletzten Moränen berücksichtigt, erhält man schon eine beträchtliche Grösse der Gletschererosion.

In dem Isargletscher lernten wir einen Zweig des Inngletschers kennen, welcher in den nordtiroler Alpen eine eigene Entwicklung nahm und sich als selbstständiger Eisstrom über die Hochebene verbreitete. Derselbe hinterliess hier ungemein mächtige Moränen, in welchen Gesteine des Inngletschers zwar auftreten, aber nur einen zurücktretenden Gemengtheil ausmachen. Wenn wir ihre Betheiligung zu 5% veranschlagen, so überschätzen wir dieselben reichlich. Der Isargletscher verbreitete sich über ein Areal von 4600 qkm, auf einer Fläche von wenigstens 1800 qkm häufte er Moränen an, wobei jedoch die Moränen im Erosionsgebiete vernachlässigt sind, um die Betheiligung der Inngerölle an ihrem Aufbau zu kompensiren. Die mittlere Mächtigkeit der Grund- und Endmoränen auf der Hochebene

[1]) Ueber die glacialen Bildungen der nordeuropäischen Ebene. Zeitschrift d. Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 63.

Digitized by Google

glaube ich auf 20 m mindestens veranschlagen zu können. Ihre Masse beträgt also

$$1800 \times 0{,}02 \text{ cbkm} = 36 \text{ cbkm}.$$

Diese Masse ist von einem Gebiete von 2800 qkm erodirt worden, auf dieselben wieder vertheilt, würden sie deren Niveau um

$$\frac{1800 \times 0{,}02}{2800} = 0{,}01285 \text{ km} = \text{ca. } 13 \text{ m}$$

erhöhen. Diese rohe Rechnung, bei welcher wir nur das Moränenmaterial, nicht die bei weitem ebensogrosse Masse des Glacialschotters in Betracht gezogen haben, lehrt, dass der Isargletscher in seinem Erosionsgebiete das Land um 13 m erniedrigte. Genauere Resultate werden erst möglich sein, wenn die einzelnen Moränenablagerungen genau kartirt sind und zahlreiche Angaben über ihre Mächtigkeit vorliegen.

Der Umstand, dass Gletscher ihren Untergrund abnutzen, wird zwar vielfach zugestanden, meist jedoch mit dem Bemerken, dass diese Gletschererosion weit unbedeutender sei, als die durch fliessendes Wasser bewirkte. Allein man vergleiche nur die Grösse der Gletschererosion mit der durch fliessendes Wasser ausgeübten! Heim[1]) hat ermittelt, dass im Thalsysteme der Reuss oberhalb des Urnersees, also in einem Gebiete, wo sich die erodirenden Wirkungen des Wassers reichlichst entfalten können, in 4125 Jahren das Niveau des Landes um 1 m erniedrigt wurde. Würden die Gletscher in ähnlichem Maasse erodiren wie das Wasser in einem der steilsten Theile der Alpen, so brauchten sie 4152 $\times$ 80 = 332 000 Jahre, um den Boden Skandinaviens um 80 m zu erniedrigen, sie hätten 4125 $\times$ 13 = 53 625 Jahre wirken müssen, um das Niveau der nordtiroler Alpen um 13 m zu verringern. Hätten wir nun gar noch die mächtigen Glacialschotter in Betracht gezogen, so würden wir ermittelt haben, dass während der letzten Vergletscherung das Land im Erosionsbereiche des Isargletschers um 26 m abgetragen ist, woran das rinnende Wasser über 100 000 Jahre hätte arbeiten müssen.

[1]) Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 324. Vergl. auch: Ueber die Erosion im Gebiete der Reuss. Jahrb. d. Schweiz. Alpenclub. Bd. XIV. 1879. p. 371.

Digitized by Google

Aber auch die heutigen Gletscher lassen deutlichst erkennen, dass sie erodiren. Man bedenke nur, dass die Trübung der Gletscherbäche hervorgerufen wird durch den feinen Schlamm, welchen die Gletscher durch Abnutzung ihres Untergrundes erzeugen. DOLLFUS-AUSSET[1]) fand in 16 Litern Wasser des Gletscherbaches am Unter-Aargletscher 2,275 gr Schlamm, also pro Liter 0,132 gr und pro Kubikmeter 132 gr. Er beobachtete ferner, dass im Sommer dem genannten Gletscher täglich 1,000,000 cbm Wasser entströmen. Es sei angenommen, dass in einem Jahre die tägliche Wassermenge nur die Hälfte dieser beobachteten Summe, also nur 500000 cbm betrage, da sie im Winter bekanntlich geringer ist als im Sommer. Diese 500000 cbm entführen täglich 500000 $\times$ 132 gr = 66000 kg Schlamm. Diese 66000 kg repräsentiren, das spezifische Gewicht zu 2,5 angenommen ein Volumen von $\frac{66000}{2,5}$ = 26400 cbdm = 26,4 cbm.

Die Fläche, welche der Unter-Aargletscher nebst seinen Zweigen bedeckt, beträgt 15 qkm. Es werden von diesen 15 qkm also täglich 26,4 cbm abgehobelt, von 1 qkm also täglich 1,75 cbm, und jährlich 1,75 $\times$ 365 = 638,75 cbm, d. h. der Boden wird um $\frac{638,75}{1000 \cdot 1000}$ m = 0,000638 m, also um ungefähr 0,6 mm jährlich erniedrigt. In 1666 Jahren würde demnach eine 1 m starke Schicht entfernt werden, während das Wasser im Gebirge 4125 Jahre braucht, um eine gleich dicke Lage zu erodiren. Dabei ist nun ausschliesslich nur der Gletscherschlamm in Betracht gezogen, welcher sich im Wasser suspendirt findet, und das Gerölle, welches mit dem Gletscherbache entführt wird, gänzlich ignorirt — und doch findet sich, dass der Gletscher $2^1/_2$ mal schneller als das rinnende Wasser erodirt.

Die angeführten Beobachtungen von DOLLFUS-AUSSET sind nun schon 40 Jahre alt. Seitdem hat man mancherlei Messungen über die Schlammführung der Gletscherströme angestellt, und die grösste Schlammmenge, welche wol je in rinnendem Wasser be-

---

[1]) Matériaux pour l'étude des glaciers. Tome Ier. Ière Partie. Paris 1864. p. 276.

Digitized by Google

obachtet wurde, wurde im Strome des Isortok-Gletschers in Grönland wahrgenommen. Im Cubikmeter Wasser fanden sich hier über 9 kg schlammige Bestandtheile.[1]) Nie aber ist wiederholt worden, neben der Schlammführung der Gletscherwasser auch deren Menge zu beobachten, wodurch doch so leicht der vielbesprochenen Frage der Gletschererosion wichtiges Material zugeführt worden wäre. Kaum hat man überhaupt der durch DOLLFUS-AUSSET aufgefundenen Thatsachen gedacht; nur DAUBRÉE kam in Anbetracht derselben schon 1856 zu der hochwichtigen Folgerung, dass „die Vertiefung der Thäler durch die Gletscher weit beträchtlicher erscheint als diejenige, welche die meisten Wasserläufe bei gleich grosser Oberfläche des Einzugsgebietes erzeugen.“[2])

Die Grösse der Glacialerosion lässt sich also ziffermässig erweisen. —

Unregelmässig, wie die anhäufende Thätigkeit des Inlandeises in Südbayern war, waren auch dessen erodirende Wirkungen. Dieselben äusserten sich nicht überall in gleicher Intensität. Der Untergrund musste stellenweise mehr, stellenweise weniger abgenutzt werden, ebenso wie dies durch einen rasch strömenden Fluss geschieht. Während aber die erosive Kraft des rinnenden Wassers vor allem davon abhängig ist, dass es den Schutt nur bergab bewegen kann, und somit sein Bett nur derart einreisst, dass dasselbe ein kontinuirliches Gefäll besitzt, gewinnt die Gletschererosion ein anderes Aussehen dadurch, dass das Eis an seiner Sohle Gesteinsmaterial auch bergan schaffen kann. Die nordtiroler Alpen liefern eine Menge Beispiele hierfür. Mussten doch alle Urgebirgsgeschiebe, welche sich in den nördlichen Kalkalpen finden, das Innthal durchqueren und dessen Nordgehänge erklimmen. Wirkte also das Eis lokal in erhöhtem Maasse erodirend, so war es im Stande, Becken auszuhöhlen. Es wird die Aufgabe eines späteren Abschnittes sein, die centralen Depressionen des Moränengebietes

[1]) Meddelser om Grönland. Heft 2. 1881. p. 145.

[2]) DAUBRÉE: Recherches expérimentales sur le striage des roches, la formation des sables et les décompositions chimiques par les agents mécaniques. Bull. Soc. géolog. II. S. t. XV. 1856/58. p. 250—267. 261.

Digitized by Google

von Oberbayern mit ihren Seen und Becken, welche bereits durch ihre Beziehungen zum unteren und oberen Glacialschotter unsere Aufmerksamkeit, wenn auch nur flüchtig erregten, ausführlich in Rücksicht auf die Glacialerosion zu betrachten.

Indem unter der unablässig strömenden Eismasse fortwährend Grundmoränen bewegt wurden, mussten sich dieselben am unteren Gletscherende unaufhörlich ansammeln. Es sind zwei Möglichkeiten über den Verbleib dieser Moränenansammlung denkbar. Entweder stauten sie sich an, oder sie wurden eine Beute der Schmelzwasser und wurden durch dieselben weiter transportirt. Im ersteren Falle bildeten sie einen Endmoränenwall, welcher nur beim Rückzuge der Vergletscherung erhalten bleibt, während er beim Vorwärtsschreiten derselben wieder unter das Eis geräth. Im letzteren Falle traten die Grundmoränen mit geschichteten Ablagerungen auf mannigfache Weise in Verbindung. Beide Fälle wurden in Südbayern beobachtet.

Sämmtliche Endmoränen der Vergletscherung bestehen aus dem Materiale der Grundmoräne und weichen daher in ihrer Zusammensetzung ab von den Endmoränen vieler heutigen Gletscher. Da alle diese Endmoränen von den rückziehenden Eismassen herrühren, so bekunden sie Pausen in deren Rückgang. Der Rückzug der Gletscher geschah also nicht kontinuirlich, er wurde durch Zeiten des Stillstandes unterbrochen.

Die prächtigen Profile von Wasserburg am Inn führten uns den anderen Fall vor Augen. Hier zeigt sich ein intimer Konnex zwischen Grundmoränen und Schottern und ähnlichen geschichteten Gebilden. Deutlich ist zu verfolgen, wie diese letzteren aus der Moräne entstehen, und gleichsam deren Schlemmprodukte sind. Wirkungen des Eises und des fliessenden Wassers greifen hier eng ineinander und müssen gleichzeitig geschehen sein. Neben den Moränen treten geschichtete Ablagerungen als Produkte der Vergletscherung auf. Diese geschichteten Ablagerungen wurden in allen Phasen der Vergletscherung gebildet. Sie begleiteten das Vorwärtsschreiten und den Rückgang des Eises, und in den Schottermassen im Liegenden und Hangenden der Moräne erkannten wir Erzeugnisse der Glacialzeit, obwol dieselben vor oder nach der Vergletscherung ihrer Lagerstätte gebildet sein müssen, daher in Hinsicht auf ihre

Digitized by Google

Lagerstätte als prä- oder postglacial gelten können. Besonders die unteren Glacialschotter treten in ganz erstaunlicher Mächtigkeit auf. Sie verleihen der Glacialformation ein ganz anderes Aussehen, als ihr bisher häufig zugeschrieben wurde. Die Glacialformation baut sich zum grösseren Theile aus geschichteten Ablagerungen auf, und sind die Moränen auf das eigentliche Gebiet der Vergletscherung beschränkt, so lassen sich die Glacialschotter weit über dasselbe hinaus als Terrassen an den Gletscherströmen verfolgen. Sie bieten einen Weg, die ausserhalb des Moränengebietes auftretenden Diluvialgebilde mit der Glacialformation in Beziehung zu setzen.

Geschahen nun auch die Schotteranhäufung und die Ablagerung der Moränen gleichzeitig, so ist doch sehr scharf zwischen beiden zu trennen, denn auf der einen Seite hat man es mit in Wasser abgesetzten Gebilden zu thun, auf der andern mit durch Eis bewirkten Ablagerungen. Grundmoräne und Schotter müssen streng auseinander gehalten werden, wenn sie auch gleichzeitig und die einen aus der andern entstanden. Noch kürzlich hat sich Charles Martins[1]) in diesem Sinne ausgesprochen. Ich kann daher Herm. Credner[2]) nicht beipflichten, wenn er neuerdings als Grundmoräne die Summe von Gesteinsbildungen bezeichnet „deren Absatz unter dem Gletschereise, also auf dem Boden der Eisdecke ungefähr gleichzeitig stattfand, und zwar entweder direkt als Erzeugniss der Gletscherbewegung (Geschiebelehm und Krossteinsgrus), oder mit Hülfe der Gletscherwasser und subglacialen Ströme (Kiese, Sande, Schotter, Bänderthon)“. Diese Fassung des Begriffes Grundmoräne steht nicht nur im Gegensatz zu den Ansichten des Autors des Ausdruckes Grundmoräne, sondern kann auch leicht zu missverständlicher Auffassung Veranlassung geben.

Es erscheint vielleicht auf den ersten Blick wunderbar, dass, wie Martins und Gastaldi[3]) zuerst in Oberitalien erkannten,

---

[1]) Recherches récentes sur les glaciers actuels et la période glaciaire. Revue de deux mondes. 1875. 15 avril.

[2]) Ueber Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebelehmes. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch. 1880. XXXII. p. 93.

[3]) Sur les terrains superficiels de la vallée du Pô. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. VII. 1849/50. p. 554—603.

Digitized by Google

beim Herannahen der Vergletscherung weit bedeutendere Schottermassen abgelagert wurden als bei deren Rückzug. Es stellte sich jedoch heraus, dass dies eine ganz naturgemässe Erscheinung ist. Beim Vorwärtsschreiten der Vergletscherung trat weit weniger Wasser in Thätigkeit als bei deren Rückgang, im ersteren Falle wurde Material angehäuft, im letzteren weit fort transportirt. Dazu kam noch der Umstand, dass beim Ausbreiten der Eismassen die Erhaltung von Endmoränen unmöglich war, und dass alles Material, was unter dem Gletscher nach dessem Ende geschafft wurde, den Gletscherbächen anheim fiel, während beim Rückzug dieses Material zu Endmoränen aufgestaut und den Gletscherwässern entzogen wurde. Unter solchen Verhältnissen genossen die Gletscherwasser bei der Entwickelung der Gletscher reichlichere Geschiebezufuhr als beim Abschmelzen derselben, und es mussten sich aus doppeltem Grunde beim Herannahen der Vergletscherung Schotter anhäufen, während der Rückzug derselben durch die Aufthürmung von Endmoränen ausgezeichnet ist.

Das Inlandeis, welches zur Diluvialzeit unser Gebiet bedeckte und bis auf wenig Gipfelzüge gänzlich verhüllte, brachte keinen Stillstand in die auf der Erdoberfläche wirkenden zerstörenden und aufbauenden Processe, sondern dieselben entfalten sich unter und an ihm in besonderer Grossartigkeit. Die scheinbar unbewegliche Eismasse war in fortwährender Strömung, und unablässig veränderte sie die Niveauverhältnisse, hier erodirend, dort anhäufend. Die als Eis in starre Form gebundenen Wassermassen treten am Ende der Gletscher in den flüssigen Zustand, und das Gletscherende wird nun der Ausgangspunkt der Wirkungen des fliessenden Wassers. Das Gletscherende aber ist nicht stabil, fortwährend verlegt sich der Anfang der Wasserthätigkeit, und dieselbe entfaltet verschiedene Intensität je nach der Menge des frei werdenden Wassers. Der Raum der eigentlichen Gletscherwirkung ist eng begrenzt, weit ausgedehnt aber das Bereich, in welchem die an das Eis sich knüpfenden Wasserwirkungen ausbreiten.

Der geschilderte Aufbau der Glacialformation Oberbayerns bietet keine besonderen, ihr eigenthümlichen Verhältnisse dar; denn es ist selbstverständlich, dass eine jede Formation, welche einem Vor- und Rückgehen eines Gletschers ihren Ursprung verdankt,

Digitized by Google

diese Zusammensetzung haben muss. Als unterstes und oberstes Glied wird man stets Schottern begegnen, welche ein Grundmoränenlager einschliessen. Endmoränen werden als Aequivalente der oberen Schotter sich häufig einstellen. So sehen wir denn in der That, wie TORELL[1]) neulich erst in bekannter klarer präciser Form auseinandergesetzt hat, dass die Glacialformation in Nordeuropa sich ganz aus derselben Reihenfolge von Gebilden zusammensetzt wie die unseres Gebietes, und JENTZSCH[2]) hat ziffermässig nachgewiesen, wie die Geschiebeformation der Provinz Preussen, ebenso wie die Oberbayerns, zum grössten Theile aus geschichteten Ablagerungen aufgebaut wird. Aber ein Umstand bewirkt eine grosse Verschiedenheit in der Entwicklung des Glacialphänomens im Norden und in den Alpen. In den Alpen konnten Eis und Wasser in gleicher Richtung sich bewegen, am Rande des nordeuropäischen Inlandeises gestatteten die Niveauverhältnisse solches nicht. Hier bewegte sich das Eis in entgegengesetzter Richtung wie das Wasser, und es musste zu einer Komplikation kommen, deren endgültige Lösung noch nicht gefunden zu sein scheint.

Anders liegen die Verhältnisse in Nordamerika. Während des Maximums der Vergletscherung konnten die den Eismassen entströmenden Wasser der Abdachung des Landes folgen. Und so findet man denn überall ausserhalb des früheren Gletscherbezirkes an den nordamerikanischen Flüssen Terrassen, welche sich gleich denen in Südbayern in dem Maasse verflachen, als man sich von dem Gletscherbereiche entfernt. Diese Terrassen repräsentiren in Nordamerika einen Theil der Champlain-Formation, und werden mit dieser als Ablagerungen aufgefasst, welche sich an den Rückzug der Vereisung knüpfen. Dies scheint allerdings einen Altersunterschied der nordamerikanischen und südbayerischen Flussterrassen zu begründen, wenn nicht vielleicht sich doch noch herausstellen sollte, dass in Nordamerika jene

[1]) On the causes of the glacial phenomena etc. Sveriges geologiska undersökning. Afh. och uppsatser. Serie C. No. 26. Kgl. svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 5. No. 1. 1877.

[2]) Ueber die geschichteten Ablagerungen des Diluviums. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXII. 1880. p. 666.

Digitized by Google

Terrassen dieselbe Stelle in der Reihenfolge der Glacialbildungen einnehmen wie die südbayerischen.

War ein Gebiet nun einmal vergletschert, so müssen mit der Aufzählung der unteren und oberen Glacialschotter, der Grund- und Endmoränen alle seine Glacialschichten aufgeführt sein. In der That finden sich aber neben den genannten in allen alten Gletschergebieten noch andere Gebilde, die sich den glacialen eng anschliessen. Auch in Oberbayern finden sich dergleichen, und ihnen haben wir nun unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Digitized by Google

II. ABSCHNITT.

AELTERE VERGLETSCHERUNGEN
VON
OBERBAYERN UND NORDTIROL.

Digitized by Google

Kapitel XVII.

Bisherige Theorien über mehrere Vergletscherungen der Alpen.

Theoretische Bedeutung mehrerer Vergletscherungen. Theorien von Venetz; von Mühlberg, Bach und Taramelli über innere und äussere Moränenzone, Hildenbrand; Hypothese von H. Höfer. Ansichten von Scipion Gras. Morlot über Clarens am Genfersee und das Dransethal bei Thonon. Verschiedene Ansichten über das Profil im Dransethale. Heer über die Schieferkohlen der Schweiz. Gegner Heer's und Einwürfe gegen dessen Ansichten. Geographische Lage der Kohlen. Deren Bedeutung. Schwierigkeit im Parallelisiren glacialer und interglacialer Gebilde. Schlussübersicht über die Theorien. Heer's Anschauungen die einzig stichhaltigen.

So alt wie die Lehre von der Eiszeit, so alt auch die Annahme von deren periodischer Wiederkehr, so alt aber auch zahlreiche Proteste und Einwürfe gegen dieselbe. Im Verlaufe der letzten Jahre ist man vielfach auf Punkte von Agassiz' Theorie, welche früher bestritten, angefochten und verworfen wurden, zurückgekommen. Kann man zwar auch nicht der ursprünglichen Annahme einer gänzlichen Vereisung einer ganzen Hemisphäre beistimmen, so muss man doch einer Modifikation dieser Anschauung beitreten, man redet von Vereisungen ganzer Länder; und die Verfolgung der Glacialphänomene führte wieder auf die Annahme einer Eiszeit zurück. Allein über einen Punkt jener Theorie sind heute noch die Meinungen gänzlich getheilt. Die Annahme einer periodischen Wiederkehr der Eiszeit ist nicht allgemein angenommen; sie wird zwar von einer Reihe namhafter Gelehrter verfochten, aber auch durch nicht minder zahlreiche und nicht minder bedeutende Forscher lebhaft bekämpft. Gerade aber auf Entscheidung dieser Frage kommt es an, wenn man in das Wesen der Eiszeit eindringen und Licht über ihre Ursachen gewinnen will.

Digitized by Google

Die Annahme mehrfacher Vergletscherungen der Alpen, so oft sie auch bekämpft wird, taucht immer wieder von neuem auf und findet immer neue Verfechter. Zwar muss zugestanden werden, dass jene Annahme häufig nur sehr wenig und ungenügend, oft sogar gar nicht begründet, und dass sie gewöhnlich für irgend eine Gegend ausgesprochen wird, ohne die Konsequenzen für andere Gebiete in Betracht zu ziehen, aber es wurde doch eine Reihe von Thatsachen bekannt, welche sich unter der Voraussetzung einer einzigen Vergletscherung nicht ohne weiteres erklären lassen. Mehrere Wege führten unabhängig von einander zur Annahme verschiedener Vergletscherungen, und es seien die einzelnen hierauf bezüglichen Theorien und Hypothesen unter diesem Gesichtspunkte hier angeführt.

Venetz[1]), der Vater der Glacialgeologie, ist wol der erste gewesen, welcher eine mehrfache Vergletscherung der Alpen thatsächlich zu beweisen suchte. Er glaubte in jeder Ueberlagerung von Moränenschutt auf Gletscherschliffen den Beweis dafür zu finden, dass das Eis zweimal über den betreffenden Punkt hinweggegangen sei. Das Eis könne nicht Material an der Stelle ablagern, wo es den Untergrund abnutzt, es stosse, wo es den Felsen polire, allen Schutt vor sich her. Zöge sich dann das Eis wieder zurück, so fielen nur wenige Trümmer auf die geschrammte Fläche; und um das Vorkommen von erratischen Anhäufungen an derselben zu erklären, sei nöthig anzunehmen, dass der Gletscher sich ein zweites Mal bis dahin ausgedehnt habe. Das Phänomen der Schrammung sei also stets älter als die Ablagerung der Moränen. Venetz kannte wie J. de Charpentier noch nicht die Grundmoränen; erst als Agassiz zwischen Eis und Felsgrund dieses Schlammlager entdeckte, wurde erkannt, dass Schrammung und Moränenablagerung gleichzeitig geschehen, was seitdem allgemein bewahrheitet gefunden wurde. Der eine Theil von Venetz' Beweisführung beruht also auf heute als unrichtig erkannter Grundlage. Allein der Begründer der Glaciallehre stützt seine Ansicht

[1]) Mémoire sur l'extension des anciens glaciers. Neue Denkschriften der allgem. schweiz. Gesellsch. f. d. gesammt. Naturwissensch. Bd. XVIII. 1861. Die Priorität der Untersuchungen von Venetz wird von Morlot Bull. Soc. Vaud. d. Sc. nat. Bd. IV. 1854. p. 41 hervorgehoben.

Digitized by Google

über die mehrmalige Vergletscherung auch anderweitig, nämlich auf die Vertheilung des erratischen Schuttes, besonders auf die Anordnung der Moränen im Rhonebecken. Die zur Gletscherzeit mit Schnee und Eis bedeckten Berge sollten durch diese Bedeckung vor allen Zerstörungsprozessen geschützt sein und nur ganz unbedeutende Veränderungen durch das Reiben des Eises erleiden. Während des Maximums der Vergletscherung könnten also die Berggehänge keine Trümmer liefern, welche die Endmoränen aufbauen, und der Rückzug der Vergletscherung könne dann keine Endmoränen hinterlassen. Um das Auftreten verschiedener, hintereinanderliegender Endmoränen zu erklären, sei nöthig anzunehmen, dass die Gletscher mehrmals arg reducirt gewesen seien, während welcher Zeiten die Verwitterung an der Zerstörung des Gebirges gearbeitet und neuen Schutt erzeugt habe. Derselbe sei durch das Eis dann verfrachtet worden. Jeder Endmoränenwall bekunde somit eine besondere Vergletscherung, welcher unmittelbar eine Zeit geringer Eisausdehnung vorausgegangen sei. Die Zahl der Endmoränenwälle gebe die Zahl der einzelnen Vergletscherungen an. Allein auch dieser zweite Theil der Beweisführung von Venetz lässt sich heute nicht mehr aufrecht erhalten, nachdem erwiesen ist, dass es vor allem das Material der Grundmoräne ist, welches die Endmoränen zusammensetzt, dass daher jede Vergletscherung, auch wenn sie nicht mit Oberflächenschutt bedeckt ist, doch Endmoränen während Pausen ihres Rückzuges erzeugen kann.

Gleichfalls von der Vertheilung des Moränenmateriales, jedoch auf einer ganz anderen Basis als Venetz' Anschauungen beruhen jene Hypothesen über zweifache Vergletscherung der Alpen, welche von der Unterscheidung einer äusseren und inneren Moränenzone ausgehen. Schon Agassiz bemerkte in den schweizer Alpen, dass die Endmoränen sich nicht so weit erstrecken als das erratische Gebiet, und auf diesen Unterschied hin begründete er die Annahme einer allgemeinen Vereisung, welche das erratische Material überhaupt hinterliess, und einer späteren Vergletscherung, welche die Endmoränen erzeugte. Die Vergletscherung soll aus der reducirten Vereisung hervorgegangen sein. Eine Trennung zwischen äusserer und innerer Moränenzone liess sich in der That später in der Schweiz genauer durchführen, und besonders hat

Digitized by Google

sich MÜHLBERG[1]) durch deren Verfolgung im Aargau grosse Verdienste erworben, sie wurde in Württemberg von BACH[2]) nachgewiesen und lässt sich auch in Oberbayern erkennen, wie oben dargelegt wurde. In Oberitalien hat neuerdings TARAMELLI[3]) ebenfalls zwischen einer äusseren und inneren Moränenzone unterschieden. MÜHLBERG, BACH und TARAMELLI erklären diese Erscheinung nun durch Annahme zweier Vergletscherungen. Die erste habe sich am weitesten ausgedehnt und das ausserhalb der Endmoränen auftretende erratische Material abgelagert, der zweiten sei die Anhäufung der Endmoränen zu danken. Dieser Annahme schloss sich auch HILDENBRAND[4]) auf Grund seiner Untersuchungen im südlichen Württemberg an. Allein so sehr auch eingestanden werden muss, dass die äussere Moränenzone weit älter ist als die innere der Endmoränen, so verwischt ihre Züge gegenüber der letzteren sein mögen, so wenig berechtigen diese Thatsachen allein zur Annahme zweier aufeinanderfolgender Vergletscherungen, denn alle die gedachten Verhältnisse lassen sich ungezwungen auch durch eine einzige Vergletscherung erklären, wenn man nur annehmen will, dass dieselbe, nachdem sie ihr Maximum erreicht hatte, sich ein Stück weit zurückzog, um dann lange Zeit stationär zu bleiben. Allerdings ist dies eine Annahme, welche im Grunde genommen ebenso willkürlich ist, wie die Voraussetzung zweier Vergletscherungen, und welche sich vom geophysischen Standpunkte nicht minder schwierig als dies letztere erklären lässt. Allein sie genügt zur Deutung der bisher bekannten Erscheinungen, wenngleich zugestanden werden muss, dass diese letzteren, falls anderweitige Beweise mehrerer Vergletscherungen beigebracht werden können, sehr zu Gunsten einer solchen

---

[1]) Ueber die erratischen Bildungen im Aargau. Aarau 1869. Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Mittheil. d. naturf. Gesellsch. Aarau 1878. Heft I.

[2]) Beitrag zur Kenntniss der geologischen Verhältnisse der Eiszeit. Württemb. naturw. Jahreshefte. 1869. p. 113—128.

[3]) Il canton Ticino meridionale ed i paesi finitimi. Spiegazione del folgio XXIV. Duf. colorito geologicamente da spreafico, Negri e Stoppani 1880. p. 121.

[4]) Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg. Atlasblätter Tuttlingen, Friedingen, Schwennigen. Stuttgart 1881. p. 32.

Digitized by Google

Annahme sprechen. In der That hat MÜHLBERG[1]) neuerlich seiner Annahme noch eine Stütze dadurch verliehen, dass er die Flussterrassen des Aargau, welche jünger als die äussere Moränenzone sind, bis unter die Endmoränen der inneren Zone verfolgte, wodurch der unbestreitbare Beweis beigebracht wurde, dass die äussere und innere Moränenzone verschiedenen Bildungsperioden angehören.

H. HÖFER[2]) hat nun in Kärnten gleichfalls zwischen Grundmoränen und Endmoränenwällen unterschieden und dieselben auf zwei Vergletscherungen zurückgeführt, nachdem er jedoch auch in stratigraphischer Beziehung beide Moränengebilde durch Nachweis einer Zwischenschicht getrennt zu haben glaubte. Eine mehrmalige aufmerksame Lektüre seiner Abhandlung lässt mich jedoch durchaus nicht erkennen, warum die Endmoränen des Mallnitzer- und Möllthales jünger sein sollen als die Schotter, welche an einer einzigen Stelle die Grundmoränen überlagern. Es scheint dies eine ganz willkürliche Annahme zu sein, welche doch in Anbetracht der ihr inneliegenden Wichtigkeit und Bedeutung eine ausführliche Begründung verdient.

Alle die bisher angeführten Hypothesen über mehrmalige Vereisungen der Alpen zur Diluvialzeit beruhen im Wesentlichen auf der geographischen Vertheilung der Moränen und auf gewissen Verschiedenheiten, welche sich in räumlicher Beziehung geltend machen. Auf anderem Wege kamen MORLOT und SCIPION GRAS zu demselben Resultate. Sie verfuhren geologisch, sie suchten nicht nur die Produkte verschiedener Glacialzeiten nebeneinander, sondern auch übereinander nachzuweisen, und beschäftigten sich mit jenen Straten, welche die verschiedenen Gletscherablagerungen von einander trennen.

SCIPION GRAS[3]) glaubte in den „alten Anschwemmungen“,

[1]) Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Mittheilungen d. aarg. naturf. Gesellsch. 1. Heft. 1878. p. 35 u. 74.

[2]) Studien aus Kärnten. III. Die Eiszeit in Mittelkärnten. Neues Jahrb. f. Min. u. Geolog. 1873. p. 128.

[3]) Sur la période quaternaire dans la vallée du Rhône et sa division en cinq époques distinctes. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XIV. 1856/57. p. 207. — Sur la période quaternaire dans la vallée du Rhône. Arch. bibl. univers. de Genève. Mai 1855. — Note sur la necessité d'admettre deux époques glaciaires. Arch. bibl. univers. 1858.

Digitized by Google

also Schotterablagerungen, und den Moränen des Delphinats einen untrennbaren Komplex zu erkennen, welchen er als das Produkt einer Vergletscherung deutete. Den Löss erachtete er gleichfalls für die Ablagerung einer Eiszeit. Da nun Schotter und Moränen, welche GRAS als „unteres Diluvium“ zusammenfasst, sich weit ausbreiten, der Löss hingegen, dem einige erratische Blöcke aufruhen sollen, auf die das „untere Diluvium“ durchsetzenden Thäler beschränkt sei, so sei die Ablagerung des unteren Diluvium durch eine ausgedehnte Thalbildung von der des Lösses getrennt, und die genannten Gebilde seien daher die Spuren zweier verschiedener zeitlich weit getrennter Vergletscherungen. GRAS theilt auf Grund dieser Anschauungen die Quartärperiode des Rhonebeckens in fünf verschiedene Epochen. Die älteste ist ausgezeichnet durch die Thalbildung in den Alpen, die zweite wird charakterisirt durch die Ausbreitung der Gletscher und Ablagerung des „unteren Diluvium“, d. h. der alten Anschwemmungen und Moränen. Während der dritten Epoche zogen sich die Gletscher, geringe Spuren hinterlassend, zurück; und nun kommt eine neue Epoche der Thalbildung, welcher dann als fünfte Epoche eine abermalige Ausdehnung der Gletscher folgte, durch welche der Löss und einige erratische Blöcke abgelagert wurden.

GRAS[1]) bemüht sich, diese Eintheilung des Quartärs auch andrerorts nachzuweisen, allein schon durch LORY[2]) wurde die Irrigkeit seiner Voraussetzungen erwiesen. Einerseits wurde nämlich eine gewisse Mangelhaftigkeit in den Beobachtungen von SCIPION GRAS erkannt, indem sich keineswegs die vorausgesetzte Vertretung von „alten Anschwemmungen“ und Moränen bestätigen liess, andrerseits aber zeigten sich auch seine Schlussfolgerungen

[1]) Comparaison chronologique des terrains quaternaires de l'Alsace avec ceux de la vallée du Rhône dans le Dauphiné. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XV. p. 145. — Réponse aux observations de M. KOECHLIN-SCHLUMBERGER, concernant les dépôts diluviens de l'Alsace, et nouvelles considérations sur la série générale des terrains quaternaires. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 919.

[2]) Notice sur une carte géoloque du Dauphiné. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 817. — Note sur les dépôts tertiaires et quaternaires du bas Dauphiné. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XX. 1862/63. p. 363.

Digitized by Google

als anfechtbar, da mit keiner Silbe bewiesen ist, dass der Löss das Produkt einer selbstständigen Vergletscherung sei.

Noch bevor SCIPION GRAS mit seinen Ansichten an die Oeffentlichkeit getreten war, hatte MORLOT seine erfolgreichen Untersuchungen an den Ufern des Genfer Sees begonnen.[1]) Dieser ausgezeichnete Kenner des alpinen Diluviums hatte die Geröllablagerungen der Alpen, die „alten Anschwemmungen" stets für älter als die Moränen gehalten und von denselben scharf getrennt. Nun fand er unter einer Ablagerung, welche er zu den „alten Anschwemmungen" rechnete, unweit Clarens am Genfersee eine Moräne und glaubte daraus folgern zu dürfen, dass die „alten Anschwemmungen" ganz allgemein zwischen zwei Moränen eingeschaltet seien. Die untere derselben meinte er in dem blauen Gletscherlehme zu erkennen, die obere hingegen in jenem lössigen Lehm, welcher in der Umgebung von Lausanne oberflächlich eine grosse Verbreitung besitzt. Die Endmoränen bei Lausanne gehörten ebenfalls zur zweiten Vergletscherung, und das interglaciale Alter der alten Anschwemmungen würde nicht zum mindesten durch ihre Führung von erratischem Materiale unterhalb des Genfersees bewiesen; denn wenn sich hier die Gesteine des Wallis am unteren Seeende in Geröllablagerungen fänden, so könne dies nur durch die Annahme erklärt werden, dass ein Gletscher sie über das Becken hinweggebracht habe.

Später ist MORLOT von seiner ursprünglichen Beweisführung etwas abgekommen, ohne jedoch seine Ansicht zu ändern. Hatte er anfänglich geglaubt, dass in der Schweiz nur ein einziges „Diluvium", nur eine einzige Geröllformation vorhanden sei, so fand er an den Ufern des Genfersees nun deren zwei. Er entdeckte ausgedehnte Schotterablagerungen, welche stets jünger als die Moränen sind und in Terrassen am See auftreten. Es scheint, als ob die Schotter von Clarens, auf deren Ueberlagerung über die Moränen MORLOT früher solches Gewicht legte, diesem jüngeren

[1]) Observation d'une superposition du diluvium à l'erratique. Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. t. IV. p. 39. — Notice sur le quaternaire en Suisse. Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. t. IV. 1854. p. 41. — Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. Archives de sc. phys. et nat. Bibl. univers. de Genève. t. XXIX. 1855. p. 33.

Digitized by Google

Diluvium, oder wie es von A. FAVRE bezeichnet wird, den „alluvions à terrasses“ angehört. Noch hatte auch MORLOT nicht ein Profil gefunden, wo er zwei verschiedene Moränen, durch mächtige Zwischenbildungen voneinander getrennt, sah. Ein solches entdeckte er nun im Thale der Dranse unweit Thonon am Genfersee.[1]) Er sah hier wirklich zwei verschiedene Moränen, welche durch ein 50 m mächtiges Schottersystem, die „alten Anschwemmungen“, voneinander getrennt werden. Dadurch erhielt die Ansicht einer zweifachen Vergletscherung des Genferseebeckens eine neue Stütze, allein diese Annahme stiess auf den Widerspruch von A. ESCHER VON DER LINTH und DESOR[2]), und wurde vor allem von DE MORTILLET[3]) bekämpft. Letzterer betonte, nirgends ein solches Profil gesehen zu haben, wie es MORLOT im Dransethal auffand, und war geneigt, dasselbe auf Rutschungen zurückzuführen. Die ausgezeichneten Untersuchungen von A. FAVRE in Savoyen trugen leider nichts zur Klärung der Sachlage bei. A. FAVRE[4]) entsinnt sich nicht, die untere Moräne gesehen zu haben, und er ist geneigt, das Auftreten der von MORLOT beobachteten Ablagerung ebenfalls durch Rutschungen zu erklären. Seitdem ist das Dransethal von den beiden FAVRE und CHAVANNES besucht worden, es konnten von den genannten Geologen die Beobachtungen MORLOT's vollauf bestätigt werden[5]), es findet sich wirklich unter einer sehr mächtigen Ablagerung der alten Anschwemmungen eine wenn auch nur wenig ausgedehnte Partie von Grundmoränen, und das Profil ist deut-

[1]) Vergl. Sur le terrain quaternaire du bassin du Léman. Bull. Soc. Vaud. de Sc. nat. t. VI. 1858. p. 101. — Ueber die quartären Gebilde des Rhonegebietes. Verhandl. d. Schweiz. naturf. Gesellsch. 42. Vers. Bern 1858. p. 144—150.

[2]) Verhandl. d. Schweiz. naturf. Gesellsch. 42. Vers. Bern 1858. p. 54.

[3]) Compte rendu de la 45ème section de la société suisse des sciences naturelles à Lausanne. 1861. p. 73. — Terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XIX. 1861-62. p. 849—907.

[4]) Recherches géologiques dans les parties de la Savoie etc. voisines du Mont-Blanc. I. Paris 1867. p. 78. 79.

[5]) Vergl. E. FAVRE: Revue géologique Suisse pour l'année 1877. Archives des sciences de la bibliothèque universelle. 1878. t. LXI. p. 212.

Digitized by Google

lich genug, um erkennen zu lassen, dass die letzteren wirklich anstehend sind.

Haben sich also neuerdings die Beobachtungen MORLOT's vollauf bestätigt, so war man doch von vornherein geneigt, dieselben auf Grund seiner Folgerungen in Frage zu ziehen, und obwol MORLOT in LYELL[1]) einen warmen Verfechter fand, obwol der englische Geolog die Annahme zweier Vergletscherungen allgemein durchzuführen suchte, so schien sich dieselbe in den Alpen nicht Bahn brechen zu wollen. In der That muss auch zugestanden werden, dass das MORLOT'sche Profil nur eine zweifache Vergletscherung der fraglichen Stelle, nicht aber eine doppelte Vergletscherung der Alpen beweist. Allerdings führt sie zur Annahme einer ziemlich beträchtlichen Gletscheroscillation, wie E. FAVRE selbst hervorkehrt, sodass man deren Spuren auch anderweitig mit CHAVANNES[2]) am Genfersee vermuthen kann, aber an und für sich, ohne Zuhilfenahme anderer Thatsachen lehrt das Profil im Dransethal noch nicht zwei verschiedene Glacialperioden kennen. Eine wesentliche Stütze gewann die Annahme derselben erst, als unter den nordschweizerischen Schieferkohlen Moränen entdeckt wurden, und als HEER deren interglaciales Alter beredt vertheidigte.

Im Jahre 1855 lehrte O. HEER[3]) zum ersten Male die Flora und Fauna der Schieferkohlen von Utznach und Dürnten kennen. Er hielt sie damals für eine präglaciale Bildung, ebenso wie MARTINS und GASTALDI, sowie ESCHER VON DER LINTH, und sprach sich gegen die Annahme mehrerer Eisperioden aus (a. a. O. pag 32). Er änderte jedoch später seine Ansicht[4]), als J. MESSIKOMMER[5]) unter den Schieferkohlen von Wetzikon alpine Gesteine auffand, welche alle Merkmale des Gletschertransportes an sich tragen. Diese auffällige Thatsache ist später mehrfach durch die

[1]) Antiquity of Man. 1. Aufl.

[2]) Notice géologique 1878. Citirt bei E. FAVRE, Revue géologique 1878.

[3]) Die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten. Oeffentlicher Vortrag. Zürich 1858.

[4]) Eröffnungsrede bei der 48. Versammlung der Schweiz. naturf. Gesellsch. Verhandl. d. Schweiz. naturf. Gesellsch. in Zürich. Französisch: Arch. bibl. univers. XXVIII. 1864. p. 335.

[5]) Vergl. HEER, Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. p. 571.

Digitized by Google

Geologen bestätigt worden, welche Wetzikon besuchten, ehe die dortigen Gruben verschüttet wurden. RENEVIER[1]) und HEIM[2]) beobachteten eine zweifellose Auflagerung der Kohlen über Moränen, und bezeichneten daher die ersteren als interglaciale Gebilde. Mit diesem Erfunde bei Wetzikon stimmt nun bestens die Thatsache überein, dass durch CHARLES MAYER[3]) auch bei Utznach unter den dortigen Schieferkohlen Moränen entdeckt wurden, dass ferner auch unter den Schieferkohlen am Bodensee bei Mörschweil durch DEICKE[4]) glaciales Material aufgefunden wurde, eine Beobachtung, die von GUTZWILLER[5]) bestätigt wurde. So kann demnach, obwol CHARLES GRAD[6]) sich nirgends vergewissern konnte, dass die schweizer Schieferkohlen Moränen auflagern, doch auf Grund der angeführten Zeugnisse als sicher gelten, dass die Kohlen in einer Periode zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vereisungen der Gegend entstanden. HEER lehrte nun, dass diese Periode ein mildes Klima besessen hat, wie die Flora der Kohlen erkennen lässt; die Kälteperioden, welche die Ausdehnung der Gletscher zu Folge hatten, die eine zwiefache Vereisung der Gegend verursachten, wurden also unterbrochen durch einen milderen Zeitabschnitt. Demnach unterscheidet HEER zwei Glacialzeiten, welche durch eine Interglacialzeit mit mildem Klima voneinander getrennt werden.

So wenig auch das thatsächliche Material in Zweifel gezogen werden kann, so übereinstimmend auch fast alle Autoren zugeben, dass die nordschweizerischen Schieferkohlen zwischen zwei Moränen lagern, so sehr werden die Folgerungen HEER's bekämpft. Wird zwar zugestanden, dass sich die Schieferkohlen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vereisungen ihrer Lagerstätte gebildet haben, dass sie also ihrer Lagerung nach interglaciale Gebilde sind, so wird doch

---

[1]) Vergl. HEER, Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. p. 571.

[2]) Archives des sciences phys. et nat. LI. 1874. p. 100.

[3]) Ueber das Alter der Uetliberg Nagelfluh. Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. Zürich. XX. 1875. p. 370 (372).

[4]) Nachträge über die Quartär-Bildungen zwischen Alpen und Jura. Verh. d. Gallischen naturw. Gesellsch. 1861.

[5]) Vergl. HEER, Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. p. 519.

[6]) Recherches sur la formation des charbons feuilletés interglaciaires de la Suisse. Bull. Soc. d'histoire nat. de Colmar. 1877.

Digitized by Google

bestritten, dass sie auch zeitlich interglacial, also zwischen zwei Glacialperioden gebildet seien. Die Moränen, zwischen welchen sie lagern, sollen nämlich nicht die Produkte zweier verschiedener Gletscherzeiten sein, sondern nur die Zeugen einer beträchtlichen Oscillation ein und derselben Vergletscherung, indem man annimmt, dass die Pflanzen, welche die Schieferkohlen zusammensetzen ganz gut in der Nähe eines Gletschers hätten wachsen können, und dass sie durchaus noch nicht ein mildes Klima beweisen. Die berufensten Kenner der alpinen Glacialgebilde, A. FAVRE[1]), LORY[2]), FALSAN und CHANTRE[3]), DE MORTILLET[4]), GASTALDI[5]), in gewissem Sinne auch DESOR[6]), ferner CHARLES GRAD[7]), E. VON MOJSISOVICS[8]) urtheilen in diesem Sinne und halten durch die Lagerungsverhältnisse der schweizer Schieferkohlen nur eine Phase der Glacialperiode, nicht aber zwei verschiedene Eiszeiten angedeutet.

Es will jedoch scheinen, als ob diese letztere Anschauung zu wenig einem sehr wesentlichen Umstande Rechnung trage, nämlich der geographischen Lage der Kohlen, während in Betreff der Lagerung derselben sowie deren Flora zugestanden werden muss, dass beide Umstände noch nicht eine Interglacialzeit beweisen. So liegt die Entscheidung über die durch HEER angeregte Frage nicht auf dem Gebiete der Geologie, sondern auf dem der Pflanzengeographie. Sie ist eine wesentlich botanische, und so dürfte denn nicht werthlos sein zu bemerken, dass, wenngleich die meisten Geologen die Ansichten HEER's bekämpfen, denselben ein eminenter

---

1) A. FAVRE, Description géologique du canton de Genève. t. I. p. 146.

2) Vergl. LORY, Compte rendu des observations faites sur les alluvions anciennes etc. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. III. 1874/75. p. 726.

3) FALSAN et CHANTRE, Étude sur les anciens glaciers et sur les terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône. 1878. Ferner Bull. Soc. géol. de France. III S. t. III. 1875. p. 733.

4) G. DE MORTILLET, Classification des terrains quaternaires. Congrès international de Géologie. Paris 1878. p. 172.

5) Appunti sulla memoria del Sign. J. GEIKIE. Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino. VIII. Apr. 1872.

6) Le paysage morainique. 1875.

7) Les charbons feuilletés etc. a. a. O.

8) Bemerkungen über den alten Gletscher des Traunthales. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. XVIII. 1868. p. 303.

Digitized by Google

Botaniker und zugleich berufener Kenner der Glacialphänomene, CHARLES MARTINS[1]) beigetreten ist.

In der That, die Lagerungsverhältnisse der Schieferkohlen beweisen noch nicht ihr interglaciales Alter. Dieselben würden sich ebenso gut durch die Oscillationen einer Vergletscherung wie durch die Annahme zweier verschiedener Vereisungen erklären lassen, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass diese Oscillation ihrem Umfang und ihrer Dauer nach recht beträchtlich gewesen sein müsste, da sie einen Rückgang der Gletscher von der Bodenseegegend (Mörschweil) und vom Züricher See (Utznach-Dürnten) auf eine sehr lange Zeit erklären soll. Wie HEER nämlich aus der Mächtigkeit der Kohlen herleitete, bedurften dieselben zu ihrer Bildung eines Zeitraumes von ungefähr 2400 Jahren.

Auch die Flora der Schieferkohlen kann an und für sich noch nicht als Beweis für eine milde Interglacialzeit gelten. Wenn sie auch nur aus Pflanzen zusammengesetzt werden, welche in einem milden Klima gedeihen, so darf doch nicht vergessen werden, dass sich heutige Gletscher oft bis in bebaute Regionen ziehen. So ist es in den Alpen, wo unweit des Aaregletschers Weizen wächst, so ist es in Norwegen, wo nur 200m vom Buervrä ein Kornfeld gedeiht, wo in kaum 3 km Entfernung von dem Inlandeise des Folgefondes an den Ufern des Hardangerfjordes Obst gebaut wird. Kurz, ein mildes Klima und die Existenz von Gletschern schliessen sich gegenseitig nicht aus.

DARWIN und VON HOCHSTETTER erweisen diesen Satz besonders für die südliche Halbkugel, wo sich die Gletscher des Feuerlandes in die Region immergrüner Wälder erstrecken, wo Neuseelands Eisströme in einer Zone enden, in welcher sonst eine subtropische Vegetation herrscht, und welcher nach HANN[2]) eine mittlere Jahrestemperatur von 10° zukommt. Der treffliche Geologe der Novara-Expedition sagt, „dass in kommenden Jahrtausenden und in einem Klima, das durch die physischen Veränderungen, wie sie jetzt auf der südlichen Hemisphäre durch säculare Hebungen und Senkungen vor sich gehen, wesentlich modificirt wäre, müssten die

[1]) Revue des deux mondes 1875. 15 avril.

[2]) Klima von Neuseeland. Zeitschr. f. Meteorologie. Bd. VI. 1871.

Digitized by Google

Wirkungen, welche die Gletscher hervorgebracht, neben den fossilen Resten der heutigen Flora und Fauna für jeden unerklärlich sein, der aus geologischen Thatsachen nicht auf frühere Zustände der Erdoberfläche zurückzuschliessen vermöchte, oder die Möglichkeit grossartiger Niveauveränderungen an der Erdoberfläche bezweifelte. Er würde vielleicht annehmen zu müssen glauben, dass eine durch kosmische Ereignisse veranlasste Temperaturkatastrophe jene subtropische Vegetation vernichtet und eine Eiszeit herbeigeführt habe, und würde damit in denselben Irrthum verfallen wie diejenigen, welche die Eiszeit Europas durch kosmische Einflüsse erklären wollen."[1])

Diese Ueberlegung von Hochstetter's weist zweifellos auf sehr beachtenswerthe Verhältnisse hin; allein auf die Eiszeit Europas ist sie sicher nicht anwendbar, und zur Erklärung der Beziehungen zwischen nordschweizerischen Schieferkohlen und Eiszeit trägt sie nicht nur nichts bei, sondern könnte höchstens verwirrend wirken. Liegt auch auf der Hand, dass Gletscherenden oft in milde Zonen herabsteigen, so erstrecken sie sich doch nirgends weit in dieselben, und ihr Auftreten in ihnen ist stets auf örtliche Verhältnisse zurückzuführen. So heisst es vor allem neben dem geologischen Auftreten der Schieferkohlen, neben deren Flora auch deren geographische Lage zu berücksichtigen. In dem Gletscherschutte unter ihnen finden sich Gesteine des oberen Rheinthales, der Puntaiglasgranit wurde mit Sicherheit unter denselben konstatirt. Es geht hieraus hervor, dass bereits vor Ablagerung der Schieferkohlen der Rheingletscher sich bis zum Züricher See und Bodensee ausgedehnt hatte, d. h. er hatte eine Länge von weit über 100 km erreicht. Solche Dimensionen besitzen aber heute nirgends die Gletscher der gemässigten Zone, oder gar der subtropischen. Weder die riesigen Eisströme des Himalaja, noch die vielgerühmten Neuseelands kommen dem erwähnten des Rheinthales nur annähernd gleich. Eine solche Eisentwickelung finden wir nur unter arktischen Verhältnissen.

Man weiss, wie sehr sich eine Temperaturerniedrigung während der Diluvialzeit in Flora und Fauna kund gibt. Es ist durch die

[1]) Reise der österreichischen Fregatte Novara. Geologischer Theil. Bd. I. I. Abth. von Hochstetter: Geologie von Neuseeland. p. 258.

Digitized by Google

Studien von Nathorst[1]) bekannt geworden, dass, nachdem die alpinen Gletscher sich bereits wieder in die Gebirge zurückgezogen hatten, das schweizerische Hügelland noch mit nordischen und alpinen Gewächsen besiedelt war; dass, nachdem das skandinavische Inlandeis sich schon aus Schonen zurückgezogen hatte, dort noch arktische Pflanzen die Flora ausmachten; es ist ferner längst nachgewiesen, dass nachdem das nordeuropäische Eis bereits auf seine Centren beschränkt war, an den Küsten noch eine arktische Fauna existirte. Nachdem also die Eisverbreitung während der Diluvialzeit längst das Maximum ihrer Entwickelung überschritten hatte, nachdem sie schon auf enge Bezirke beschränkt war, bekunden Flora und Fauna noch intensiv glaciale Zustände. Sie waren es aber auch, als das Eis noch im Ausdehnen begriffen war, als es noch bei weitem nicht seine grösste Entfaltung erreicht hatte. Noch hatten die skandinavischen Gletscher nicht Norddeutschland betreten, als an den Küsten der Ostsee sich schon die hocharktische Yoldia arctica angesiedelt hatte, noch war England nicht gänzlich übereist, als an den Cromer cliffs schon polare Gewächse existirten[2]), wodurch die Ansicht Desor's[3]), dass erst nach der Vergletscherung die arktischen Elemente der Flora beigesellt worden wären hinfällig wird. So müssen wir auch annehmen, dass die grossartige Entfaltung des Rheingletschers, welche derselbe bereits vor Bildung der nordschweizerischen Schieferkohlen genommen hatte, Hand in Hand mit der Verbreitung alpiner und nordischer Elemente in der schweizerischen Flora und Fauna gegangen war. Wie nach dem Maximum der Vergletscherung auf der schweizerischen Hügellandschaft noch nordische Gewächse existirten, so muss es schon vor dem Eintreten dieses Maximums der Fall gewesen sein, zu einer Zeit,

[1]) Förh. kg. Vetensk. Akad. Stockholm 1873. No. 6. p. 11. Vergl. auch: Sur la distribution de la végétation arctique en Europe, au Nord des Alpes, pendant la période glaciaire. Arch. d. sc. phys. et nat. Genève. LI. 1874. p. 52.

[2]) Vergl. Nathorst a. a. O.

[3]) Le paysage morainique.

Digitized by Google

als die Eisentwickelung schon eine ganz enorme war. Bildeten sich also die nordschweizerischen Schieferkohlen während einer Oscillation des Rheingletschers, so mussten sie sich aus nordischen und alpinen Gewächsen zusammensetzen. Doch solches lässt sich nicht beobachten. Sie bewahren die Reste von Pflanzen eines gemässigten Klimas, und während eines solchen entstanden sie. Die Ausdehnung des Rheingletschers bis in die Bodenseegegend aber konnte nur bei einem strengen Klima geschehen. Die Lage der Schieferkohlen zwischen zwei Moränen dieses Gletschers beweist also, dass die Zeitabschnitte, welche denselben ausdehnen hiessen, durch eine Periode gemässigten Klima unterbrochen wurden. So bald man Lagerung, Flora und geographische Lage der schweizerischen Schieferkohlen zusammen berücksichtigt, und nicht nur den einen oder andern dieser Punkte einseitig verwerthet, kann man nur zu dem Schlusse kommen, dass jene Kohlen zwischen zwei Gletscherzeiten entstanden, also nicht nur ihrer Lagerung nach, sondern auch hinsichtlich ihrer Bildungszeit interglaciale Gebilde sind.

Es liegt kein Grund zu der Annahme vor, dass die klimatischen Schwankungen, welche durch die Schieferkohlen der Nordschweiz angedeutet erscheinen, sich nicht auch durch das ganze Alpengebiet geäussert hätten. Während der Diluvialzeit verhalten sich die Alpen gegenüber klimatischen Veränderungen wie ein einheitliches Ganze. Dies erhellt am deutlichsten aus der Allgemeinheit der letzten Vergletscherung. Welche Ursachen daher auch die zweifache Vergletscherung der nordschweizerischen Alpen gehabt haben möge, so viel ist gewiss, dass sie sich durch das ganze Alpengebirge äussern mussten. Mag man in einer veränderten Vertheilung von Wasser und Land, mag man in dem Ausbleiben des Föhn, mag man endlich in einer früheren grösseren Erhebung des Gebirges den Grund für die Gletscherverbreitung suchen, so betrifft dies stets das ganze Alpengebiet, denn Bodenschwankungen einzelner Theile desselben haben seit der Diluvialzeit nicht stattgefunden. Deuten also die Schieferkohlen der Schweiz auf eine Interglacialzeit, so werfen sie auch Licht auf jene Ablagerungen, in welchen eine mehrfache Vergletscherung ein und derselben Stelle angezeigt ist, oder welche uns höchst verschieden alterige Moränen vor Augen führen.

Digitized by Google

So liegt unverkennbar eine grosse Analogie zwischen dem bereits erwähnten Profil im Dransethal am Genfersee und den Lagerungsverhältnissen der schweizer Schieferkohlen, und wenn an und für sich das genannte Profil nur eine doppelte Vereisung der Genferseegegend beweist, so lehrt es unter Berücksichtigung der Schieferkohlen die Spuren zweier verschiedener Glacialzeiten auch am Genfersee kennen. Andrerseits aber können die schweizerischen Schieferkohlen auch Licht auf das gegenseitige Verhältniss der äusseren und inneren Moränenzone werfen; deren Auftreten man entweder durch ein Pausiren im Rückzuge einer Vergletscherung oder durch die verschiedene Entwickelung zweier in gleich befriedigender Weise erklären kann. Allein es möge in Berücksichtigung gezogen werden, dass wenn einmal zwei aufeinanderfolgende Vergletscherungen bewiesen sind, die Möglichkeit des Vorhandenseins einer dritten zu erwägen ist, weshalb man von vornherein mit dem Parallelisiren von Ablagerungen, welche zwischen zwei Uebereisungen einer Stelle erfolgten, vorsichtig zu sein hat. Will man die Gegensätze der äusseren und inneren Moränenzone durch zwei Vergletscherungen erklären, so bedarf es immer noch eines besonderen Beweises, dass es dieselben Vergletscherungen waren, deren Spuren unter und über den schweizer Schieferkohlen zu erkennen sind. Man muss ausserordentlich vorsichtig in der Parallelisirung glacialer Gebilde sein.

Ueberblicken wir nun nochmals die verschiedenen Hypothesen über die mehrfachen Vergletscherungen in den Alpen, so müssen wir zunächst denen von Venetz und Scipion Gras alle Beweiskraft absprechen, da sie von irrig erkannten Voraussetzungen ausgehen. Ferner können wir H. Höfer's Anschauung nicht beitreten, da sie nicht genügend begründet ist und zur Zeit noch mehr auf Vermuthungen als auf Beobachtungen beruht. Die auf eine Unterscheidung der äusseren und inneren Moränenzone basirten Theorien von Mühlberg, Bach und Taramelli können gleichfalls nicht überzeugen, da sie auf Thatsachen beruhen, welche mehr als eine Deutung zulassen. Grösseren Werth besitzt Morlot's Theorie, allein auf Grund ihres Beweismateriales lässt sich nur auf eine doppelte Vereisung der Genferseegegend, nicht aber auf eine zweifache Vergletscherung der Alpen überhaupt schliessen. So bleibt denn allein

Digitized by Google

UNIVERSITY

Heer's Beweisführung, welche eine zweifache Vergletscherung in den Alpen sehr wahrscheinlich macht. Aber der einmüthige Widerspruch, den Heer's Argumentation und seine Schlussfolgerungen gefunden haben, lässt uns erkennen, dass dieselben bisher noch nicht überzeugend gewirkt haben, und dass sie daher nicht die Schärfe eines mathematischen Beweises besitzen. In der Geologie verfügt man jedoch selten über wahrhaft unumstössliche Beweise, und neue Ansichten brechen sich gewöhnlich nicht dadurch Bahn, dass sie Anhänger unter solchen Forschern gewinnen, welche früher anderer Meinung waren, sondern indem sich ihnen frische, junge Kräfte zuwenden. Zudem muss hervorgehoben werden, dass die zahlreichen Gegner von Heer's Folgerungen einen sehr wesentlichen Punkt in dessen Beweisführung völlig übersehen haben, und dass sich ihre Einwürfe nur gegen zwei seiner Gründe, nicht aber den wesentlichen dritten richten. Es ist stets übersehen worden, dass das Vorkommen von Moränenmaterial unter den schweizerischen Schieferkohlen eine Gletscherentwickelung voraussetzt, wie wir sie heute nur unter arktischen Verhältnissen finden, unter Umständen also, welche die Existenz der Flora eines milden Klimas unmöglich machen. Findet man zwar heute die Pflanzen der Schieferkohlen, wie Grad hervorhebt, unter dem 60. Breitengrade in Norwegen, findet man sie hier wie in den Alpen in der Nähe von Gletschern, so begegnet man ihnen doch nicht in Grönland, Franz-Josephs-Land oder Spitzbergen, selbst nicht einmal in Island in der Nähe der dortigen Gletscher. Aber ehe die Schieferkohlen gebildet, hatten die alpinen Gletscher bereits gewaltige Dimensionen angenommen, sie erfüllten nicht nur die Thäler des Gebirges, sondern erstreckten sich bereits auf das alpine Vorland bis in die Gegend von Zürich und Rorschach. Schon vor Bildung der Schieferkohlen hatten die Alpen das Aussehen Grönlands gewonnen. Wenn nun aber die Meinungen über einen Gegenstand von grösster Bedeutung getheilt sind, wie es im vorliegenden Beispiele der Fall ist, wenn einer Begründung von einer Seite Beweiskraft zuerkannt wird, während dies von anderer Seite bestritten wird, so kann eine Förderung oder Lösung der Frage sich nur dann ergeben, wenn neues Material zu Gunsten der einen oder anderen Anschauung gewonnen wird. So war es denn auch mein Hauptbestreben bei

Digitized by Google

meinen Untersuchungen in Oberbayern, Thatsachen zur Lösung dieser Frage zu gewinnen. Das Glück war mir günstig. Auf meinen doch nur flüchtigen Wanderungen fand ich mehrere Stellen, wo verschiedene Moränen unter Verhältnissen auftreten, welche auf eine sehr lang anhaltende Unterbrechung der Vergletscherung deuten. Jene Stellen liegen theils im Gebirge selbst, theils an dessen Fusse theils auf der Hochebene, sodass sich durch Kombinirung der aus ihnen sich ergebenden Folgerungen herleiten lässt, dass unser Gebiet während der Diluvialzeit mindestens dreimal vergletschert gewesen ist.

Kapitel XVIII.

Alte Breccien der nördlichen Kalkalpen.

Höttinger Breccie. Petrographische Beschaffenheit. Rothe und weisse Breccie. Konnex derselben. Die Höttinger Breccie ein alter Schuttkegel. Recente Analoga. Die Breccie älter als die Schotter und Moränen der letzten Vergletscherung. Schutt im Höttinger Graben. Urgebirgsgerölle in der Breccie. Moränen unter der Breccie an der Weiherburg und im Höttinger Graben. Zwei Vereisungen der Gegend von Innsbruck. Vorgänge zwischen beiden Vereisungen. Interglacialzeit. Literatur über die Breccie. Dieselbe nicht tertiär. Erratisches Material im Höttinger Schutte. Muthmaassliche dritte Vergletscherung der Gegend von Innsbruck. Chronologie der Ereignisse bei Innsbruck während der Diluvialzeit. Weitere Vorkommnisse alter Breccien am Marienberger Jöchl, am Haller Salzberge, am Vomperbache, bei Wallgau an der Isar, bei Weissenbach am Lech und unweit Schliersee. Urgebirgsgerölle in den Breccien des Vomperbaches und bei Wallgau. Zwei Vergletscherungen der Kalkalpen getrennt durch eine Interglacialperiode. Prüfung der Voraussetzungen. Bedeutung der Pflanzenreste in der Höttinger Breccie.

Bei Innsbruck findet sich am linken Gehänge des Innthales, jedoch erst in einer Höhe von 150 m über der Thalsohle beginnend, eine rothe Breccie, welche als Baustein in der Stadt vielfache Verwendung findet. PICHLER[1]) nannte dieselbe Höttinger Konglomerat, nach dem Dorfe Höttingen bei Innsbruck, wo sie besonders gut angeschlossen ist. Er fand in ihr einige Pflanzenreste, welche UNGER untersuchte. Arundo Goepperti Heer und Acer trilobatum Stb. sp. waren die einzigen mit Sicherheit bestimmbaren Reste, und PICHLER hält die Ablagerung deswegen für miocän.

[1]) Beiträge zur Geognosie Tirols. Mitgetheilt von ADOLF PICHLER. 1859. p. 169.

Digitized by Google

Seit dieser Zeit wird die Breccie als Miocän auf den Karten Pichler's und auf denen der k. k. geologischen Reichsanstalt aufgeführt, und auch von von Mojsisovics als jungtertiär erwähnt.

An den tiefer gelegenen Theilen des Gehänges besteht die Breccie vorzugsweise aus eckigen Fragmenten eines grauen, oft zelligen Dolomites, sowie eines rothen, mergeligen Sandsteines der Triasformation. (Vergl. Tafel II. Fig 5.) Die Dolomitfragmente erlangen bisweilen bis 1 m Duchmesser. Ganz selten nur finden sich Urgebirgsgerölle. Als Bindemittel tritt ein rother Kalkmergel auf, welcher dem Gesteine seine rothe Färbung verleiht. Dasselbe erscheint in kleineren Partien ungeschichtet, an grösseren Entblössungen lässt es eine Absonderung in 2—3 m mächtige Bänke erkennen, welche der Regel nach durch feinkörnige Lagen, meistens dem Bindemittel gleichend, oder auch sandig-schlammiger Natur, von einander getrennt sind. In diesen wohlgeschichteten, meist nur wenige Millimeter starken Lagen finden sich zahlreiche, wenn auch nur sehr undeutliche Pflanzenabdrücke. Unter denselben lassen sich Dikotyledonenblätter, sowie Zweigstücke von Koniferen, vermuthlich einer Kiefernart, wahrnehmen.

Von etwas abweichendem Aussehen, jedoch von denselben petrographischen Zügen ist ein Gestein, welches sich in den höheren Partien des genannten Gehänges, vornehmlich in der Umgebung der Höttinger Alm, sowie am Abfalle des Rumer Joches findet, Dasselbe besteht gleichfalls aus eckigen Gesteinsfragmenten, unter welchen jedoch der erwähnte rothe mergelige Sandstein fehlt, während sich zahlreiche grosse Wettersteinkalkblöcke und kleinerer Schutt dieses Gesteines einstellen. Im Allgemeinen sind die Fragmente grösser als in der Breccie am unteren Theile des Gehänges, sie erreichen hier sehr häufig weit mehr als 1 m Durchmesser. Das Bindemittel dieser Wettersteinkalkbreccie ist von lichtgrauer bis hellgelblicher Farbe; es ist durchaus nicht gleichmässig durch das Gestein vertheilt, sondern zeichnet nur manche Lagen desselben aus. Letztere machen dann einen sehr kompakten Eindruck, während die übrigen Partien meist nur einem losen Haufwerke gleichen und leicht ausbröckeln. Die Wände dieses Gesteines besitzen daher ein höchst groteskes Aussehen; die loseren Partien sind ausgefallen und nur die festeren sind, Hallen, Bögen und Gewölbe

Digitized by Google

bildend, erhalten. Sowol durch ihre Bestandtheile, als auch durch die Färbung ihres Bindemittels unterscheidet sich diese „weisse Breccie“ nicht unwesentlich von der „rothen“ am tiefer liegenden Gehänge, sie stimmt mit derselben jedoch durch die Eckigkeit ihrer Fragmente und deren regellose Anordnung, sowie auch durch ihre bankförmige Absonderung überein.

Der Höttinger Graben, welcher die rothe und weisse Breccie durchschneidet, schliesst keinen Konnex derselben auf. Ein solcher wird jedoch erwiesen in der Schlucht, welche vom Rumer Joch durch den Eggenwald nach Mühlau führt. An den unteren Partien dieses an malerischen Scenerien reichen Thälchens steht die rothe Breccie an, an den oberen hingegen die weisse, und da, wo der Weg von Arzl nach der Arzler Alm das Thal kreuzt, lagert sich die weisse über die rothe.

Die weisse Breccie lässt gleich der rothen eine grobe Schichtung erkennen; während sich jedoch die Bänke der letzteren sanft senken, fallen die Lagen der ersteren steil ein. Die Fallrichtung beider Gesteine wechselt häufig, im Grossen und Ganzen aber folgt sie dem Gehänge, und wie dieses am Fusse jener Felswände, welche das Thalgehänge begrenzen, steil ist, so ist auch hier die Neigung der Breccie sehr bedeutend, während dieselbe sich da, wo an seinem Fusse die Böschung des Gehänges nur gering ist, nur flach senkt.

Alle die angeführten Thatsachen deuten auf das Bestimmteste darauf hin, dass die Innsbrucker weisse und rothe Breccie, welche ich dem Vorgange Pichler's folgend, als Höttinger Breccie bezeichnen möchte, nichts anderes ist als das verfestigte Material eines alten Schuttkegels.

Hiermit steht zunächst die Beschaffenheit ihrer Bestandtheile im Einklang. Dieselben sind eckige oder doch nur wenig gerundete Trümmer und grobe Bruchstücke, wie sie in Schuttkegeln aufzutreten pflegen, und sie stammen, mit alleiniger Ausnahme der später noch ausführlich zu besprechenden Urgebirgsgerölle, lediglich vom Gehänge her. Der Umstand, dass die unteren Partien der Breccie roth, die oberen hingegen weiss aussehen, wird nun leicht erklärlich. Die rothen mergeligen Sandsteine, welche die Färbung der rothen Breccie bedingen, finden sich nämlich nur in den unteren Partien

Digitized by Google

des Gehänges und genau bis zu der Stelle, wo jene Sandsteine, welche PICHLER dem bunten Sandsteine zurechnet, während sie nach VON MOJSISOVICS[1]) den Partnachschiefern entsprechen, am Thalgehänge nach oben enden, lässt sich die rothe Breccie verfolgen, und weiter aufwärts beginnt das Bereich der weissen (vergl. Fig. 5, Tafel II.).

Auch die erwähnten Verschiedenheiten in der Neigung der weissen und rothen Breccie, sowie die nur kurz angedeuteten Unregelmässigkeiten ihrer Fallrichtung finden durch unsere Deutung eine Erklärung. Die oberen Partien eines Schuttkegels, welche sich dem Thalgehänge anlegen, sind steiler geneigt als die unteren, welche sich in den Thalboden hineinbauen. Die angedeuteten Verschiedenheiten in der Fallrichtung der Breccie werden schon bei einfachem Betrachten des Gehänges klar. Man sieht deutlich, wie an den höchsten Gipfeln des Gehänges förmliche Schutthalden entspringen, welche durch eingerissene Schluchten, die ihrer Längsrichtung folgen, sehr gut aufgeschlossen sind. Von diesen Schluchten, welche die Mitte der Halde einnehmen, fallen die Schichten der Breccie nach rechts und links steil ab. Es vertheilt sich also die weisse Breccie auf verschiedene Schutthalden, welche dem Gehänge angelagert sind, während die rothe Breccie einen einzigen Schuttkegel repräsentirt. Ihre Bänke fallen im Westen schwach nach Westen, im Osten schwach nach dieser Himmelsgegend, in der Mitte senken sie sich nach Süden. Die weisse und rothe Breccie bilden demnach einen einzigen geologischen Körper, und wenn die erstere im Mühlauer Graben über der rothen aufgeschlossen ist, so darf dies nicht als die Folge einer Altersverschiedenheit aufgefasst werden, sondern nur als der Ausdruck des Vorganges, dass die bereits gebildeten unteren Partien des Schuttkegels von der fortwährend anwachsenden oberen zugedeckt wurden.

Es lässt sich nach alledem die Bildung der Höttinger Breccie in folgender Weise schildern. Wie heute noch an den jähen Kalkwänden des Gehänges nördlich von Innsbruck unablässig Frag-

---

[1]) Ueber die Gliederung der oberen Triasbildungen in den östlichen Alpen. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. 1879. p. 91 (140).

Digitized by Google

mente herabbrechen und sich am Fusse derselben in Schutthalden ansammeln, so geschah es früher in noch ausgedehnterem Maasse. An verschiedene Gipfel legten sich steil geneigte Schutthalden an, dieselben treffen sich in der Tiefe und verschmelzen zu einem grossen Schuttkegel, der sich weit in das Thal hinein erstreckt. Die Zufuhr von grobem Material wird ab und zu, wenn auch nur lokal, unterbrochen; in dem an seiner Stelle abgelagerten feinen Schlamme werden die Reste jener Zweige und Blätter aufbewahrt, welche die Wildbäche von den Bergen in die Thäler führten. Die erwähnten Pflanzenreste in der rothen Breccie sind die Zeugen dafür, dass zur Zeit ihrer Bildung das Gehänge bewachsen war.

Schuttkegel, wie der alte von Höttingen, bilden sich heute noch im Innthale. Als Analoga möchten jedoch nicht jene flachen Kegel angesehen werden, welche von Wildbächen am Ausgange von Felsschluchten angehäuft werden, wie z. B. der Schuttkegel bei Kranabiten unter der Martinswand, oder der bedeutende, welchen der Vomperbach bei seinem Austritte aus dem Vomperloche aufgebaut hat. Als recente Gegenstücke muss man vielmehr jene Schuttkegel anführen, welche aus Schutthalden entstehen. Solche sind besonders in der Gegend von Telfs entwickelt, wo sie sich an die steilen Wände des Mieminger Berges anlehnen; ausserhalb des Innthales finden sie sich vortrefflich entfaltet an den steilen Gehängen des Wettersteingebirges und des Kahrwendel, wie denn überhaupt Schutthalden meist den Fuss jener schroffen Wettersteinkalkwände einnehmen, welche den bayerischen Alpen ihren malerischen Reiz verleihen.

Die Beziehungen der Höttinger Breccie — das Gestein ist eine Breccie, kein Konglomerat, wie gewöhnlich geschrieben wird — zu der bisher beschriebenen Glacialformation sind scharf ausgesprochen. Sie ist älter als die geschilderten Moränen und älter als die Schotter im Liegenden derselben. In der Gegend von Mühlau, unterhalb Innsbruck sieht man die unteren Glacialschotter über der Breccie und in grosser Mächtigkeit deutlich an dieselbe angelagert, indem die Breccie in einer Höhe von fast 200 m über der Thalsohle steil abbricht und sich jene Schotter neben ihr bis zur Thalsohle verfolgen lassen. Dies deutet darauf, dass die Breccie vor Anhäufung der Schotter eine beträchtliche Erosion

Digitized by Google

erfahren hat, wie es scheint, durch den sein Thal fortwährend vertiefenden Inn. In den Höttinger Steinbrüchen überlagern Grundmoränen die Breccie, sie ist unter denselben glatt abgeschliffen und geschrammt, und Blöcke von ihr treten in den hangenden Moränen auf. Die Breccie ist also bereits vor Eintritt der letzten Vergletscherung, sowie vor Ablagerung der der Vereisung vorausgehenden Schotter fertig gebildet gewesen. Der Höttinger Graben endlich lässt noch eine Zwischenbildung zwischen der rothen Breccie und den Gliedern der Glacialformation erkennen. Es lagert sich hier nämlich über die rothe Breccie eine 50 m mächtige lose verfestigte Schuttmasse, welche sich vom Dorfe Höttingen fast 1 km weit aufwärts im Graben verfolgen lässt, wo sie theils über der Breccie liegt, theils aber an dieselbe in ähnlicher Weise angelagert ist, wie die unteren Glacialschotter bei Mühlau. Es muss also auch zwischen der Bildung der Breccie und Ablagerung des Schuttes eine Erosion stattgefunden haben, und da der letztere sich an eine gegen das Innthal gerichtete Abböschung der ersteren anlagert, so ist anzunehmen, dass der Inn es war, welcher die Erosion der Breccie bewirkte (vergl. Tafel II, Fig. 3). Die erwähnte Schuttmasse führt grosse Fragmente der Breccie, und zwar sowol von der rothen als auch von der weissen, zwischen ihr und der Breccie fand ich an den obersten Häusern von Höttingen einen Schmitzen alpinen Gerölls. Die Breccie ist also schon vor Ablagerung des Schuttes fertig gewesen. Dieser nun besteht gleich der Breccie aus eckigem Gesteinsmateriale, aus einer wirren Anhäufung grober Trümmer, augenscheinlich ist er die Ablagerung eines Wildbaches, welcher nach Abschluss der Bildung der Breccie einst über das Gehänge strömte und seinen Schutt im Innthale ablagerte. Nur möge beachtet werden, dass auch er gleich der Breccie nicht ausschliesslich aus dem Materiale des Thalgehänges besteht, sondern dass ihm gleichfalls Urgebirgsgerölle eingestreut sind. Diese aber sind in ihm weit zahlreicher und weit grösser als in der liegenden Breccie.

Die gedachte Schuttmasse, welche also ihrer Lagerung und ihrer Zusammensetzung nach weit jünger ist als die rothe Breccie, ist aber ihrerseits wiederum älter als die Glacialformation; denn sie wird diskordant von den älteren Glacialschottern auf der

Digitized by Google

ganzen Strecke überlagert, wo sie ansteht (Fig. 3 Tafel II), und erst über jenen Schottern treten Moränen auf. Hieraus erhellt von neuem, dass die rothe Breccie weit älter sein muss als die letzte Vergletscherung; nachdem ihre Bildung bereits vollendet, nachdem sie zu einer Breccie verfestigt war, häufte ein Wildbach über ihr seine Schuttmassen an, dann erst trat die Vergletscherung ein.

Es ist bisher eines Umstandes nur flüchtig gedacht worden, welcher jedoch für die Auffassung der ganzen Sachlage von grösster Wichtigkeit ist. In voller Uebereinstimmung mit Pichler halten wir die Höttinger Breccie für einen alten verfestigten Schuttkegel, wir erkennen in der jüngeren Schuttmasse dann ferner die Ablagerung eines Wildbaches, welcher vom Gehänge herabströmte, dennoch aber bestehen beide Gebilde nicht ausschliesslich aus dem Materiale des Gehänges, sondern zeichnen sich auch durch die Führung von Urgebirgsgeröllen aus. Urgebirgsfelsarten aber stehen am Nordgehänge des Innthales unterhalb Landeck nirgends mehr an. Es entsteht daher die berechtigte Frage, wie jene Gerölle in die Breccie und in den Schutt im Hangenden derselben kommen.

Wenn wir heute an irgend einer Stelle am Nordgehänge des Innthales Urgebirgsgerölle finden, sei es in Schutthalden oder in den Anschwemmungen der Bergwasser, so erklärt sich deren Auftreten leicht und einfach durch die letzte Vergletscherung, welche Findlinge bis zu beträchtlicher Höhe über die Thalgehänge streute. Die vorliegenden Schichten sind jedoch weit älter als die letzte Vergletscherung, und dieselbe kann das Auftreten von Urgebirgsgeröllen in ihnen nicht erklären. Wenn nun aber das Auftreten von Urgebirgsgeröllen in Gehängebildungen der nördlichen Kalkalpen uns geradezu auf eine vorhergegangene Vergletscherung schliessen lässt, warum sollte es nicht gestattet sein, aus dem Auftreten von Urgebirgsgeröllen in scheinbar präglacialen Gehängebildungen des Innthales auf eine frühere Vergletscherung zu schliessen? Von dieser Erwägung ausgehend, wandte ich meine Aufmerksamkeit dem Liegenden der Höttinger Breccie zu, in der Hoffnung, hier vielleicht Moränen einer alten Vergletscherung aufzufinden. Reichlicher Erfolg krönte dies Bemühen, an zwei ziemlich weit entlegenen Stellen gelang es unzweifelhaft

Digitized by Google

unter der Breccie Moränen zu entdecken, und zwar konstatirte ich dieselben nicht bloss einmal bei einer flüchtigen Begehung, sondern ich habe jedes Profil dreimal zu verschiedenen Zeiten untersucht.

Betrachtet man von der Innbrücke in Innsbruck den Abfall der nördlichen Thalterrasse, so sieht man die rothe Breccie in den grossen Höttinger Steinbrüchen aufgeschlossen. Unter derselben erblickt man an mehren Stellen triasischen Dolomit in Felsbuckeln anstehen, aber in einigen jener Wasserrissen, welche den Abfall der Terrasse zerschneiden, nimmt man unmittelbar unter der Breccie ein bläuliches Gestein wahr. Diese Verhältnisse sind so klar, dass sie selbst auf Photographien hervortreten. Verfügt man sich nun in jene Wasserrisse, so erkennt man in dem bläulichen Gesteine eine ganz zweifellose Grundmoräne, welche sich zwischen Dolomit und Breccie einschaltet, wie es auf Tafel II Fig. 1 I und II dargestellt ist. Doch betrachtet man jene Aufschlüsse von der Seite, so könnte es fast scheinen, als ob sich die Moräne nicht weit unter die Breccie erstrecke, denn sie wird schräg durch die hangende Breccie abgeschnitten, wie Fig. 1 I Tafel II lehrt. Könnte nicht vielleicht die Ueberlagerung durch dieselbe nur eine scheinbare sein, könnte die Moräne nicht nachträglich unter die Breccie gepresst worden sein? Ein genaues Studium der Grenze zwischen Moräne und Breccie lehrt, dass solches nicht der Fall sein kann. Die Moräne hebt sich überall scharf von der Breccie ab, sie greift nirgends in dieselbe hinein, wie es bei ein- und angepressten Moränen häufig vorkommt. Vielmehr stellen sich in den obersten Moränenpartien geschichtete Materialien ein, welche ihnen regelmässig eingeschaltet sind. Solches deutet auf eine allmähliche Ablagerung, nicht aber auf eine eingepresste Masse (vgl. Fig. 2 Tafel II). Vor allem aber ist zu bemerken, dass die Moräne durchaus nicht Fragmente der Breccie führt, dies müsste der Fall sein, wenn sie jünger als die letztere wäre. Die Schichten der Breccie zeigen ferner eine bestimmte Abhängigkeit von der Oberfläche der Moräne. Sie legen sich horizontal auf dieselbe auf, sodass eine deutliche Diskordanz zwischen beiden hervortritt. Vgl. Fig. 1 II, Tafel II. Quellen endlich entspringen an der Grenze zwischen Moräne und Breccie, gleichsam bestätigend, dass sich die erstere unter der letzteren fortzieht. Alles dies macht undenk-

Digitized by Google

bar, dass die Moräne unter die Breccie eingepresst worden ist. Die rothe Breccie von Innsbruck wird von einer Grundmoräne unterteuft. Die letztere freilich zeigt auf den ersten Blick hin etwas Aussergewöhnliches. Sie erscheint nämlich geschichtet (vgl. p. 38); an den abgewaschenen Abböschungen ragen parallele Lagen hervor. Dieselben weichen jedoch in ihrer Zusammensetzung kaum von ihrer Umgebung ab, und Geschiebe ragen aus letzterer in sie hinein. Sie sind lediglich fester als die umliegenden Partien, was vielleicht seinen Grund darin hat, dass sie aus sehr feinem Schlamm bestehen. Man wird in diesem Phänomen nur wieder einen neuen Beweis für die Anschauung erkennen, dass mächtige Grundmoränen allmählich abgelagert wurden, wobei nicht immer absolut gleiches Material zur Anhäufung kam.

Die geschilderten Profile des Weiherburger Grabens finden sich in einem westlich gelegenen Wasserrisse wiederholt, wenn auch minder gut aufgeschlossen. Fig. 4 Tafel II stellt diese Entblössung dar, wobei, wie in allen Profilen, nur das unmittelbar Beobachtete dargestellt ist. Der Höttinger Graben endlich liefert an einer ziemlich weit entfernten Stelle auch das Beispiel einer Ueberlagerung der rothen Breccie über eine Grundmoräne.

Steigt man im Höttinger Graben aufwärts, so erreicht man dicht oberhalb der letzten Häuser von Höttingen die rothe Breccie, welche im Graben unter der schon erwähnten Schuttablagerung bis zu einer Höhe von fast 800 m zu verfolgen ist. Dann bricht sie ab. (Vgl. Fig. 3 Tafel II oberhalb der oberen Brücke.) Wenig oberhalb dieser Stelle zeigt sich folgendes Profil (Fig. 3 Tafel II, Profil II): Unten im Bache eine sehr feste, graue Moräne. Diskordant darüber die Schuttablagerung. Darauf Sand und Kies, und als deren Hangendes eine mächtige Grundmoräne, welche von der unteren durch ihr Aussehen verschieden ist. Beide Moränen führen Geschiebe von Urgebirgsfelsarten. Diese Stelle beweist, dass sowol über als auch unter der Schuttmasse des Höttinger Grabens, in welcher wir die Anschwemmung eines Wildbaches erkannten, Moränen auftreten. Es fragt sich nun nur, ob die liegende Moräne die Schuttmasse von der sonst unmittelbar unter ihr auftretenden Breccie trennt, oder ob sie auch unter diese letztere einfällt. Man erhält hierüber Auskunft, wenn man das Thälchen ein Stück weit abwärts ver-

Digitized by Google

folgt. Man sieht dabei im Bachbette ununterbrochen die untere Moräne, bis man eine Stelle erreicht, wo sich rechts und links Felsen der rothen Breccie erheben, und zwar über der fraglichen Moräne. (Vgl. Fig. 3 Tafel II, Profil II.) Allerdings ist die unmittelbare Auflagerung durch Rasen verdeckt, sodass man nicht die Hand auf die Grenze beider Gesteine legen kann, allein bei der Steilheit der Gehänge ist nicht zu zweifeln, dass hier eine solche Auflagerung der Breccie über die Moräne statthatt. Allerdings könnte man, wenn man die Auflagerung der Breccie auf Moränen durchaus in Zweifel ziehen will, auf diesen Mangel einer unmittelbar sichtbaren Auflagerung im Höttinger Graben grosses Gewicht legen, und vielleicht die zu beobachtende Schichtenreihe anders zu erklären suchen. Unter solchen Umständen müsste man eine höchst absonderliche Einpressung von Moränen in die Breccie annehmen, welche gerade so durch den Bach aufgeschlossen wäre, dass die tiefsten Partien der eingepressten Masse noch erhalten sind, während die oberen gänzlich erodirt wurden, sodass jene ersteren nun scheinbar von der Breccie überlagert würden, in die sie eingepresst sind. Für eine solche an und für sich sehr gesuchte Annahme aber liegt nicht der geringste Grund vor. Nirgends lassen sich Spuren einer solchen Einpressung erkennen; im Gegentheil, es finden sich die nothwendigen Konsequenzen einer solchen nicht erfüllt. Es finden sich keinerlei Bruchstücke der Breccie in der tiefer als sie lagernden Moräne, was doch der Fall sein müsste, wenn dieselbe jünger als die Breccie wäre. Wollen wir nicht von unbeweisbaren Voraussetzungen höchst komplicirter Vorgänge ausgehen, sondern die Lagerungsverhältnisse so deuten, wie es am natürlichsten und einzig möglich ist, so ergeben die Aufschlüsse im Höttinger Graben, dass auch hier unter der rothen Breccie eine Grundmoräne auftritt.

Verschiedene Aufschlüsse führen also in übereinstimmender Weise zu demselben Ergebnisse, welches sich dahin zusammenfassen lässt, dass die Höttinger Breccie zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vereisungen der Gegend von Innsbruck gebildet wurde. Die Wichtigkeit dieses Ergebnisses, und nicht die Vieldeutigkeit der Aufschlüsse, hat uns veranlasst, für jedes einzelne Profil auch andere Erklärungsweisen zu versuchen. Allein es zeigte sich stets,

Digitized by Google

dass dieselben zur Annahme höchst komplicirter Voraussetzungen führen, welche nicht zu erweisen sind und mit den beobachteten Thatsachen sogar in Widerspruch stehen. Schliesslich aber haben wir noch einen Prüfstein für die Richtigkeit unserer Beobachtungen. Das Auftreten der Urgebirgsgerölle in der Breccie ist die natürliche Konsequenz des Umstandes, dass auch vor Bildung der letzteren eine Vergletscherung stattfand, es wird dagegen unter allen anderen Annahmen zu einem völlig räthselhaften Faktum.

Die beiden Vereisungen der Gegend von Innsbruck, welche durch das Auftreten von Moränen im Liegenden und Hangenden der Breccie von Innsbruck angedeutet sind, können schwerlich als der Ausdruck der Oscillation einer grossen Vergletscherung angesehen werden, denn die beiden Vereisungen werden durch einen langen Zeitraum voneinander getrennt. Zwischen das Schwinden der ersten Eisbedeckung und dem Eintreten der neuen fallen folgende Ereignisse:

a) die Bildung eines ausgedehnten Schuttkegels am Nordgehänge des Innthales, welcher uns heute als Höttinger Breccie entgegentritt,

b) die Verfestigung von dessen Material zu einer festen Breccie,

c) Erosion derselben und Anhäufung von Schutt eines Wildbaches im Höttinger Graben,

d) beträchtliche Veränderungen in der Konfiguration des Thales, bedeutende Vertiefung desselben unter das Niveau der Breccie,

e) Anhäufung der unteren Glacialschotter in einer Mächtigkeit von 200 m.

Erst nachdem dies alles geschehen, wurde die Gegend von Innsbruck zum zweiten Male mit Eis bedeckt. Die beiden Vergletscherungen werden also getrennt durch eine Periode, in welcher die Ablagerung ganzer mächtiger Schichten, sowie eine namhafte Vertiefung des Thalbodens geschahen. Sie können daher nicht den Ausdruck von Gletscherschwankungen ein und desselben geologischen Zeitabschnittes sein, sie gehören zwei geologisch scharf von einander zu trennenden Perioden an. Die Höttinger Breccie erscheint demnach nicht nur ihrer Lagerung nach als eine interglaciale Bildung, sie ist auch eine solche zufolge ihrer Entstehungszeit, sie erscheint als Produkt einer Interglacialzeit zwischen zwei Glacial-

Digitized by Google

perioden. Ihr Auftreten kann nur als ein entschiedener Beweis für die Ansicht HEER's von einer zweimaligen Vergletscherung der Alpen gelten. Ein solches Ergebniss bedurfte einer ausführlichen und eingehenden Begründung. Es veranlasste mich zu mehreren Malen die Gegend von Innsbruck zu begehen und alle nur irgend wie denkbaren anderen Deutungen der grundlegenden Aufschlüsse zu versuchen. Als ich später in der Literatur nach Berichten über die Höttinger Breccie suchte, wurde mir dann die Befriedigung zu Theil, dass meine Beobachtungen mit denen älterer Autoren harmoniren und dass selbst betreffs der Erklärung über die Bildung mancher Gebilde Uebereinstimmung zwischen früheren Beobachtern und mir herrscht.

A. ESCHER VON DER LINTH[1]) ist meines Wissens nach der Erste, welcher die Höttinger Breccie erwähnt. Er beschreibt sie bereits als Breccie, und erwähnt, dass sie den diluvialen Sand- und Geröllagern des Innthales aufgelagert ist. Sie erinnerte ihn „an die mächtigen Travertinbildungen, welche den Boden der Bergamaskischen Thäler erfüllen". MORLOT[2]) gab sodann ein Profil über die Lagerung der Breccie, die er als Konglomerat bezeichnet und nicht von den Schottern der Terrasse trennt. Er berichtet, dass ihr erratische Blöcke aufgelagert sind. Später beschrieb PRINZINGER[3]) die Breccie; er erwähnt, dass sie aus Stücken aller nahe liegenden Gebirgsgesteine besteht. Er hält sie für älter als die Diluvialperiode, als deren Repräsentanten er jene mächtigen Schotterablagerungen auffasst, die wir als untere Glacialschotter bereits beschrieben. Eine ausführliche Schilderung der Höttinger Breccie ist endlich PICHLER[4]) zu danken. Er erkannte in diesem Gesteine eine Lokalbildung, welche „aus eckigen oder an den Kanten etwas abgerundeten Trümmern der älteren Formation

[1]) Beiträge zur Kenntniss der Tiroler und Bairischen Alpen. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. 1845. p. 540.

[2]) Erläuterungen der geolog. Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. 1847. p. 60.

[3]) Geologische Notizen aus der Umgebung des Salzbergwerkes von Hall in Tirol. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. VI. 1855. p. 328.

[4]) Beiträge zur Geologie Tirols. Aus der Zeitschrift des Ferdinandeums. Innsbruck 1859. p. 167.

Digitized by Google

der nördlichen Kalkkette besteht, je nach dem Orte überwiegt Kalk oder Sandstein.“ Er bemerkte auch schon abgerundete Geschiebe aus der Centralkette, über deren Bedeutung er jedoch keinerlei Mittheilungen macht. Die Neigung der Breccie endlich erklärt er „durch keine andere Gründe, als die bei Anlage jeder Schutthalde wirkenden.“ Er deutet also dieselbe Entstehungsweise der Breccie an, wie wir sie zu beweisen suchten. Ferner hebt er den wichtigen Umstand hervor, dass die Unterlage, als die Breccie sich bildete, dieselbe Gestalt gehabt habe wie jetzt, „und seit den Absatz derselben keine Hebung oder anderweitige Störung erfahren.“ Vor allem aber freut mich, Pichler als Zeugen für die Richtigkeit meiner Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse der Breccie zu besitzen. Er schreibt: „Die Unterlage derselben ist verschieden: im Höttinger Graben bunter Sandstein und Rauchwacke, bei Mühlau oberer Alpenkalk, ober Weiherburg sind die Unebenheiten der Unterlage durch glimmerreichen Quarzsand und Letten ausgefüllt, in dem ich wenige verdrückte Reste von Helix fand.“ Pichler spielt hier auf dieselbe Stelle an, an welcher ich nahe der Weiherburg die Grundmoränen unter der Breccie sah, und es kann keinem Zweifel unterliegen, besonders wenn man das von ihm gegebene auf Tafel II Fig. 6 wiederholte Profil mit dem meinigen vergleicht, dass „der glimmerreiche Quarzsand“ Pichler's unserer Grundmoräne entspricht. Dass der tiroler Geologe dies nicht erkannte, kann nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, dass er zu einer Zeit seine Beobachtungen anstellte, als in den deutschen Alpen Gletscherspuren kaum nachgewiesen, als die Eigenschaften der Grundmoränen noch nicht allgemeiner zur Kenntniss gelangt waren. Was endlich die von Pichler erwähnten Trümmer von Helixschalen betrifft, so will ich noch hinzufügen, dass auch ich bei meinem jüngsten Besuche des Weiherburger Profiles solche auffand, dass ich mich jedoch nicht vergewissern konnte, ob dieselben aus der Grundmoräne stammten, oder nur, wie mir sehr wahrscheinlich, über die Abböschungen derselben geschwemmt seien.

Nur in einem, aber höchst wesentlichen Punkte kann ich nicht mit Pichler übereinstimmen, nämlich über das Alter der Höttinger Breccie. Pichler hält dieselbe auf Grund der in ihr

Digitized by Google

gefundenen Pflanzenreste für miocän, ich möchte sie dagegen unter die Diluvialgebilde auf Grund ihrer Ueberlagerung über die Moränen rechnen. Ich erachte zwar im Allgemeinen nicht für unwahrscheinlich, dass man später einmal in tertiären Schichten Spuren von Gletscherwirkungen vorfinden wird, es scheint mir jedoch der Beweis hierfür durch die Höttinger Breccie noch nicht gegeben. Das tertiäre Alter derselben ist mir nicht mit genügender Schärfe erwiesen. Unter den Pflanzenresten, welche sie geliefert hat, konnte UNGER nur zwei Arten mit Sicherheit bestimmen, nämlich Arundo Göpperti H. und Acer trilobatum Stb. sp., die übrigen, Cyperus Sirenum Heer, Cyperites canaliculatus Heer, Cyp. plicatus Heer, Persea speciosa Heer, Ulmus Bronni Heer, Carpinus ? Laurinea gen., Quercus ?, Laurus ? sind unsicher, und UNGER selbst bemerkt über die gesammten Reste, „dass die äusserst übele Erhaltung nur eine beiläufige Bestimmung der Art zulässt“. Was nun die sicher bestimmten Arten anbelangt, so weiss man, wie schwer die Bestimmung der Arundo- und Acerarten ist, zumal wenn, wie im vorliegenden Falle, nur unvollständige und schlecht erhaltene Fragmente vorliegen. Es ist bekannt, dass Arundo Göpperti der Kollektivname für Schilfe ist, und es verbietet sich von selbst, auf das Vorkommen einer solchen Form einen Schluss zu basiren. Nicht viel anders verhält es sich mit Acer trilobatum, welches zu den wechselndsten Typen der Tertiärflora gehört. Zudem gibt es einen stratigraphischen Beweis gegen das tertiäre Alter der Breccien des Innthales. Dieselben lagern völlig ungestört, wie auch PICHLER betont. Zur Tertiärzeit aber waren die Alpen noch in Faltung begriffen, und es ist nicht denkbar, dass sich gewisse Gesteine des Gebirges dem Faltungsprocesse entzogen hätten. Wir können daher in den Breccien des Innthales nur posttertiäre Gebilde erblicken.

Nachdem wir also erkannt, dass die Breccien des Innthales in der That posttertiäre Gebilde sind, haben wir noch ein Verhältniss näher zu erwägen, nämlich die gegenseitigen Beziehungen zwischen den Breccien und der Schuttablagerung im Höttinger Graben. Dieselbe zeichnet sich gegenüber der in ihrem Liegenden auftretenden rothen Breccie durch die Führung ungemein zahlreicher und grosser Urgebirgsblöcke aus, während in der Breccie

Digitized by Google

selbst nur wenige Gerölle von krystallinischen Schiefern auftreten, sodass sich in dieser Hinsicht ein ziemlicher Gegensatz geltend macht. Bei Erwägung derselben drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob die erratischen Blöcke in dem Höttinger Schutte allein auf jene Vergletscherung zurückzuführen sind, welche schon vor Ablagerung der Breccie erratisches Material verbreitete, oder ob nicht seit Bildung der letzteren und vor Anhäufung des Schuttes eine neue Zufuhr von solchem Gesteinsmaterial stattgefunden hat. Es dürfte das letztere nicht unwahrscheinlich sein. Indem sich die Breccie am Gehänge bildete, deckte sie dasselbe völlig zu und verschüttete gänzlich die Spuren einer früheren Vergletscherung. Nachdem sie also angehäuft, konnten Wildbäche nicht mehr erratisches Material erfassen und thalwärts führen. Zwar lagert der Schutt, wie wir oben bereits auseinander setzten, eine Strecke weit einer Grundmoräne auf, und er kann aus derselben direkt erratisches Material erhalten haben, aber auch die Lagen, welche hoch über der Moräne lagern und nirgends in Berührung mit derselben treten, enthalten reichlichst fremde Beimengungen, sodass ich, um das reichliche Auftreten von solchem Materiale in einer jüngeren Bildung, als die Breccie ist, zu erklären, geneigt bin, anzunehmen, dass nach Ablagerung der letzteren und vor ihrer Anhäufung eine neue Zufuhr von Urgebirgsmaterial stattgefunden hat. Nun ist der Höttinger Schutt gleich der Breccie eine Bildung des Nordgehänges des Innthales, es fragt sich daher, wie auf dasselbe nach Ablagerung der Breccie Gesteine der Centralalpen geschafft werden konnten.

Wenn wir heute am Nordgehänge des Innthales Gesteine der Centralalpen finden, erklären wir uns deren Auftreten durch die letzte Vergletscherung; als wir in der Höttinger Breccie Urgebirgsgeschiebe fanden, muthmaassten wir, dass dieselben durch eine alte Vergletscherung verbreitet seien; das Auftreten von Moränen unter der Breccie bestätigte diese Voraussetzung. Jetzt sehen wir uns nun zu der Annahme gezwungen, dass nicht bloss vor Ablagerung der Höttinger Breccie und nach Bildung des Höttinger Schuttes Gesteine der Centralalpen über das linke Inngehänge verbreitet wurden, sondern dass solches auch zwischen der Bildung beider geschah. Dreimal zu verschiedenen Zeiten wurden also Urgebirgs-

Digitized by Google

arten an den Gehängen der Kalkalpen verbreitet, wenn dies nun zweimal durch Gletscher geschah, wie sich durch Spuren derselben nachweisen liess, so ergibt sich hieraus auch eine gewisse Berechtigung, solches auch für das dritte Beispiel anzunehmen. Der Umstand, dass wir in dem Höttinger Schutte, also in einer Gehängebildung des Innthals, über dem alten Schuttkegel der Höttinger Breccie weit mehr erratisches Material finden als in dieser letzteren, lässt uns also muthmassen, dass die Gegend von Innsbruck auch zwischen Bildung beider vergletschert gewesen, dass sie also während der Diluvialzeit dreimal übereist gewesen ist. Wir gewinnen demnach folgende Chronologie der Ereignisse in der Gegend von Innsbruck während der Diluvialperiode.

1) Erste Vergletscherung und Rückzug derselben.

2) Bildung eines grossen Schuttkegels. Die Gehänge des Innthales bewachsen. Verfestigung des Schuttes zur Höttinger Breccie. Erosion derselben und Vertiefung des Innthales.

3) Vermuthliche neue Verbreitung von Gesteinen der Centralalpen über die nördlichen Kalkalpen, vielleicht durch eine zweite Vergletscherung.

4) Anhäufung von dem Schutte eines Wildbaches im Höttinger Graben bis unter das Niveau der Breccie. Weitere Vertiefung des Innthales bis zu seiner heutigen Tiefe.

5) Herannahen der letzten Vergletscherung. Ablagerung von Bänderthonen bei Arzl, von Kohlen bei Mühlau (vergl. p. 154). Anhäufung der unteren Glacialschotter. Ablagerung von Moränen auf der Höhe und an den Gehängen der Terrasse, Rückzug der Vergletscherung.

6) Erosion des Innthales, Bildung der Schluchten in der Terrasse, Ablagerung von Schuttkegeln auf derselben.

Dieser Gang der Ereignisse lehrt uns kennen, dass die drei verschiedenen Vergletscherungen der Gegend von Innsbruck, von denen wir zwei bestimmt nachweisen und die dritte wenigstens für wahrscheinlich halten, durch Zeitabschnitte nicht geringer Dauer von einander getrennt sind. Es ist daher anzunehmen, dass sie nicht durch Oscillationen ein und derselben Eismasse erzeugt wurden. Allein es fehlt noch jede Andeutung darüber, wie weit die einzelnen Vergletscherungen sich erstreckten und bis wohin

Digitized by Google

sie sich zurückzogen. Es ist daher unsere nächstliegende Aufgabe, hierüber Untersuchungen anzustellen.

Die Schuttablagerung im Höttinger Graben, welche uns zur Vermuthung der zweiten Vergletscherung führte, ist nur ganz lokal entwickelt. Sie ist lediglich auf den Höttinger Graben beschränkt, sie gestattet nur, jene Vergletscherung der Gegend von Innsbruck zu muthmaassen, ermöglicht daher auch keinerlei Folgerungen auf Beziehungen dieser Vergletscherung zu der vorausgegangenen und nachfolgenden zu machen.

Grösseres Interesse muss sich daher der Höttinger Breccie zuwenden, welche als mächtiges und ziemlich ausgedehntes Glied zwischen den Spuren der ersten und letzten Vergletscherung der Gegend von Innsbruck auftritt. Sie könnte ein ziemlich einfaches Mittel gewähren, die Ausdehnung beider Vergletscherungen miteinander zu vergleichen. Die in ihr auftretenden Urgebirgsarten rühren aus den Moränen der ersten Vergletscherung her. Es brauchte daher nur ermittelt zu werden, bis zu welcher Höhe diese erratischen Gerölle in der Breccie gefunden werden, um so annähernd wenigstens die obere Grenze der ersten Vereisung festzustellen. Aber leider konnte ich die Urgebirgsgerölle, und zwar schon als Seltenheit, nur in der rothen Breccie am unteren Theile des Gehänges, nicht aber in den höher gelegenen Partien der weissen Breccie wahrnehmen. Dies ist an und für sich nicht wunderbar; denn Findlinge müssen in dem Materiale eines Schuttkegels wie am Gehänge überhaupt nach oben zu seltener und seltener werden. Sind sie nun schon in den unteren Partien des Schuttkegels eine Seltenheit, so kann ihr Fehlen in den oberen nicht überraschen, umsomehr als dieses Fehlen nur durch eine flüchtige Exkursion, nicht aber durch fortgesetztes Suchen konstatirt wurde. Dazu kommt noch Eines. Die weisse Breccie besteht aus Schutt, der an die steilen Felswände nördlich Innsbruck sich anlegt, welche auch während der letzten Vergletscherung eisfrei gewesen sind; er stammt aus Regionen, in welchen nie erratisches Material abgelagert wurde, er deckt also vielleicht glaciale Schichten zu, baut sich aber nicht aus deren Bestandtheilen auf, und der Mangel von Urgebirgsgeröllen in den alten Schutthalden der weissen Breccie kann ebensowenig über-

Digitized by Google

raschen, wie das Fehlen derselben in den Schutthalden am Fusse des Wettersteingebirges; denn auch diese führen, wiewol sie postglacial sind, wiewol sie sich tief unter die obere Grenze der Glacialerscheinungen erstrecken, doch kein erratisches Material.

So lässt denn der einfachste Weg, die Ausdehnung der beiden Vergletscherungen zu vergleichen, in Stich. Dagegen führt ein anderes Verfahren zu einem befriedigenderen Ergebnisse. Die Höttinger Breccie ist zwar ein Lokalgebilde, welches auf die Gegend von Innsbruck beschränkt ist, und also nur auf eine kurze Entfernung die beiden Moränen von einander zu trennen gestattet, aber es treten im Gebiete der nördlichen Kalkalpen mehrfach Breccien auf, welche wie die Höttinger als alte Schuttkegel oder Schutthalden zu erklären sind und gleich dieser vor Eintritt der letzten Vergletscherung bereits gebildet waren, von denen sich aber auf Grund ihrer Führung von erratischem Materiale höchst wahrscheinlich machen lässt, dass ihrer Bildung eine Gletscherausdehnung vorausging.

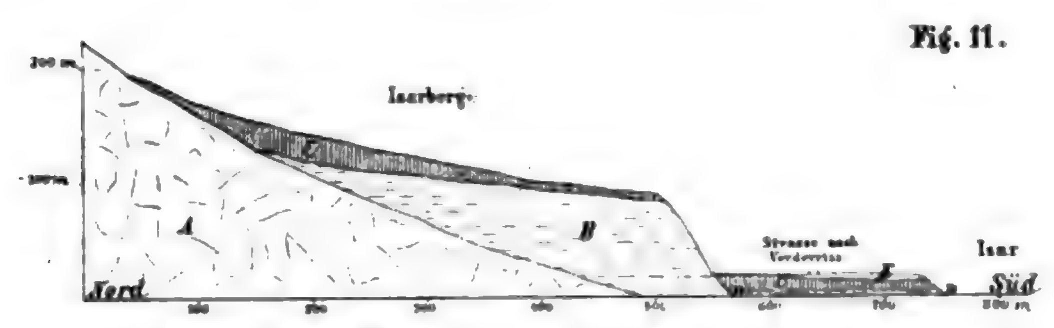
Zunächst findet sich auf der Höhe des Marienberger Jöchls unweit Nassereith eine, wenn auch nur wenig ausgedehnte Breccie, welche prächtige Gletscherschliffe trägt, also vor der letzten Vergletscherung gebildet sein muss; erratisches Material sah ich in ihr nicht. Ein weiteres Vorkommniss fand ich auf der Höhe des Thürl am Haller Salzberge. Dieses ist besonders deswegen interessant, weil es gerade auf der Passhöhe auftritt und nach Süden zu von einem Punkte abfällt, welcher jetzt als Erhebung nicht mehr vorhanden ist. Vielmehr dehnt sich da, wo man die Felsmassen vermuthen sollte, an die sich die Breccie anlagerte, eine tiefe Schlucht aus, die sich nach dem Haller Salzwerke verfolgen lässt. Es müssen hier beträchtliche Veränderungen in der Konfiguration des Landes seit Ablagerung der Breccie stattgefunden haben. Dieselbe ist älter als die letzte Vergetscherung, erratische Blöcke sind ihr aufgelagert, ob sie auch erratisches Material führt, habe ich versäumt zu entscheiden. Endlich tritt im Innthale noch eine mächtige Breccie da auf, wo der Vomperbach aus den Kalkalpen hervorströmt. Dieselbe legt sich auf Dolomitfelsen auf, und fällt steil unter einem Winkel von 20° nach Süden. Ihre Mächtigkeit beträgt 100 m. Ueber ihr lagern die Glacialschotter

Digitized by Google

des Gnadenwaldes und Grundmoränen erscheinen hoch über ihr. Sie ist also vor der letzten Vergletscherung entstanden. Dennoch aber führt sie Gerölle krystallinischer Schiefer, was zu denselben Schlussfolgerungen berechtigt, zu welchen die Urgebirgsfelsarten der Höttinger Breccie führten.

Auch im Isargebiete konstatirte ich eine mächtige Breccie, welche gegenüber den Moränen der letzten Vergletscherung die Rolle einer präglacialen Ablagerung spielt. Dieselbe steht am Nordgehänge der Isar dicht unterhalb des Dorfes Wallgau an, an der Stelle, wo die Isar sich ostwärts wendet. Sie besteht vornehmlich aus den Trümmern von Gesteinen des Gehänges, also aus eckigen Fragmenten von Hauptdolomit. Daneben aber führt sie Urgebirgsgerölle in spärlicher Anzahl. Sie bildet ähnliche

Fig. 11.



Profil bei Wallgau im Isarthale. 1:1000.

A Hauptdolomit. *B* Kalkbreccie. *C* Grundmoränen mit Geschieben der Breccie. *D* Bänderthon (Kreide). *E* Jüngerer Schotter.

bizarre Felsformen wie die weisse Breccie bei Innsbruck. Sie wird gleich derselben von Moränen diskordant überlagert. Es hat also zwischen ihrer Bildung und der Anhäufung der letzteren eine Erosion stattgefunden, was sich am besten aus Fig 11 entnehmen lässt. Der Umstand ferner, dass Fragmente von ihr in Form geschliffener und gekritzter Geschiebe in der Moräne vorkommen, lehrt, dass sie bereits vor Eintritt der letzten Vergletscherung verfestigt war. Sie ist also weit älter als die letzte Vergletscherung und steht zu derselben in ganz demselben Verhältnisse wie die Höttinger Breccie, und wenn sie gleich derselben Gerölle von Gesteinen der Centralalpen enthält, so deutet dies darauf, dass bereits vor ihrer Bildung Urgebirgsgeschiebe im Isargebiete verbreitet wurden. Ich kann mir dies nur durch die Annahme er-

Digitized by Google

klären, dass bereits vor Ablagerung der Wallgauer Breccie der Inngletscher sich in das Isargebiet erstreckt hatte.

Weiter habe ich noch ein Vorkommniss alter Breccien im Lechthale anzuführen. Unweit des Weges von Weissenbach nach dem Passe Gaicht sieht man am Weissenbacher Kalvarienberge eine mächtige Kalkbreccie unter einer Grundmoräne. Beide führen nicht Urgebirgsgerölle, es kann also nicht konstatirt werden, ob der Ablagerung der Breccie, welche sich als Gehängeschutt charakterisirt, eine Gletscherausdehnung vorausgegangen ist. Endlich findet sich noch im Gebiete des Schlierseethales unweit Max-Josefsthal eine Dolomitbreccie. Dieselbe bildet im Aurachthale einige wallförmige, isolirte Hügel. Ihre Zusammensetzung jedoch und ihre Lagerungsverhältnisse (schräge Schichtung) machen ganz zweifellos, dass sie das verkittete Material von alten Schutthalden darstellt, seit deren Bildung Veränderungen in der Orographie des Thales erfolgt sind, worüber schon p. 76 berichtet wurde. Der Mangel an Moränen in der nächsten Umgebung der Breccie macht unmöglich, deren Alter zu bestimmen, wahrscheinlich ist jedoch, dass sie den übrigen Breccien der Kalkalpen entspricht.

Es liegt also eine Reihe von alten, zu Breccien verfestigten Schutthalden vor, welche sich gleich der Höttinger Breccie in Bezug zur letzten Vergletscherung als präglaciale Gebilde erweisen, indem sie von Moränen überlagert werden, Gletscherschliffe tragen oder in Form gekritzter Geschiebe in den hangenden Schichten auftreten. Auf der beigefügten Gletscherkarte sind diese einzelnen Vorkommnisse verzeichnet. Es dürfte nun kaum zu bezweifeln sein, dass sie alle gleichalterig sind und einer Bildungsperiode angehören. Allerdings lässt sich solches nicht beweisen, aber das Gegentheil dürfte noch schwerer zu begründen sein, denn unnatürlich wäre es, Gebilde, welche in der Art ihres Auftretens, in ihrem Verhältniss zur Vergletscherung durchaus übereinstimmen, verschiedenen Bildungsperioden zuweisen zu wollen. Unter der sehr wahrscheinlichen Annahme der Gleichalterigkeit dieser Vorkommnisse müssten dieselben sammt und sonders interglaciale Gebilde sein. In der That, für zwei der fraglichen Beispiele wird dies auch durch das Vorkommen von erratischem

Digitized by Google

Materiale in den Breccien mehr als wahrscheinlich gemacht. Jene beiden Vorkommnisse nun, am Vomperbach im Innthale und bei Wallgau an der Isar, liegen am weitesten vom Gletscherherde entfernt, die erratischen Gesteine in ihnen lehren, dass sich die erste Vergletscherung bis zu ihnen hin erstreckte, das Vorkommniss vom Marienberger Jöchl dagegen liegt auf dem Punkte unseres Gebietes, welcher dem Centrum der Vergletscherung am nächsten ist, es zeigt, dass in der Zwischenzeit zwischen beiden Vergletscherungen das Land selbst hier eisfrei war. Es erhellt hieraus, dass vor Ablagerung der alten Breccien der Inngletscher sich im Innthale bis mindestens zum Vomperbache erstreckte, dass er mächtig genug war, über den Seefelder Pass in das Isargebiet vorzudringen, dass er sich dann jedoch aus unserem Gebiete wieder entfernte, um es später erst von neuem zu betreten. Mittlerweile häuften sich an den Gehängen der Kalkalpen mächtige Schutthalden an und verfestigten sich zu Breccien, die Thäler selbst wurden vertieft. So lehren denn die alten Breccien, dass die nördlichen Kalkalpen mindestens zweimal vergletschert waren, sie gestatten die erste Vergletscherung bis nahe an den Fuss des Gebirges zu verfolgen. Sie beweisen, dass in der Zwischenzeit das Gebirge, soweit es in das Bereich unserer Untersuchungen fällt, eisfrei gewesen ist. Die Gletscher müssen sich also mindestens in die Centralalpen zurückgezogen haben. Ferner geben diese Breccien durch sich selbst den Beweis einer langen Zeit, welche zwischen beiden Vergletscherungen verstrich. Wir dürfen füglich zwischen zwei Gletscherzeiten eine Interglacialperiode annehmen.

Auf rein geologischem Wege kommen wir also zu ganz demselben Ergebnisse, wie Heer durch pflanzengeographische Erwägungen; die Stratigraphie führt zu einem Resultate, welches im Widerspruche mit den Ansichten berufener Geologen steht. Unter solchen Umständen können wir nicht vorsichtig genug sein, und es wird unsere Aufgabe schliesslich sein müssen, nochmals die Richtigkeit unserer Anschauungen zu prüfen und andere Erklärungen der vorliegenden Thatsachen zu versuchen. Wir haben zunächst unsere Voraussetzungen einer Kritik zu unterwerfen. Wir gingen von der höchst wahrscheinlichen, jedoch nicht beweis-

Digitized by Google

baren Annahme aus, dass die Breccien gleichalterig seien. Sehen wir einmal hiervon ab und betrachten nun die Phänomene.

Die Breccien von Nassereith, Haller Salzberg, Weissenbach am Lech und Max-Josefsthal fallen dann aus dem Bereiche unserer Betrachtungen, weil sie keine Spuren einer früheren Vergletscherung erkennen lassen. Wir können nur behaupten, dass die Gegenden von Innsbruck, des Vomperbaches und von Wallgau an der Isar zweimal vergletschert gewesen sind. Dies erhellt aus dem Auftreten von Moränen unter der Höttinger Breccie, aus dem Auftreten von erratischem Materiale in den beiden andern Vorkommnissen, welches wir nur durch Annahme einer früheren Vergletscherung jener Gegenden erklären können. Aber es ist keineswegs direkt beweisbar, dass die beiden Vergletscherungen aller jener Punkte gleichzeitig geschahen. Es wäre z. B. denkbar, dass der Inngletscher bei Innsbruck oscillirte, dann beim Vomperbache und später, als er den Seefelder Pass überschritten hatte, bei Wallgau an der Isar, und dass sich in der Zwischenzeit zwischen den jemaligen beiden dadurch bewirkten Vereisungen der betreffenden Gegenden die Breccien anhäuften. Schon dies ist eine sehr komplicirte und unwahrscheinliche Annahme. Es wäre höchst sonderbar, dass sich gerade an den Stellen, wo der Inngletscher oscillirte, Breccien anhäufen mussten. Vor allem sind aber die Konsequenzen wenig befriedigend. Die Anhäufung der Breccien erfordert eine nicht unbedeutende Zeit, sie waren aber bei Wallgau an der Isar und bei Innsbruck schon verfestigt, als die Gegend zum zweiten Male vergletschert wurde, und Spuren einer bedeutenden Erosion sind zwischen beiden Vereisungen wahrnehmbar. Ein langer Zeitraum also verstrich zwischen denselben. Nehmen wir nun an, dass diese Vereisungen nur durch lokale Oscillationen des Gletschers an der betreffenden Stelle erzeugt wurden, so müssen wir für jede Oscillation eine ganz beträchtlich lange Dauer in Rechnung bringen, und anstatt einer Zeit, während welcher unser Gebiet ganz eisfrei war, nehmen wir für jede Oscillation des Gletschers eine ebensolange in Anspruch. Wir erhöhen solchermaassen die Dauer der Vergletscherung entsprechend der Zahl der nachweisbaren Oscillationen derselben in willkürlicher Weise.

Digitized by Google

Das einfachste und natürlichste bleibt also unter allen Umständen, anzunehmen, dass die Vergletscherungen bei Innsbruck, Vomperbach und Wallgau gleichzeitig waren, und unter solchen Umständen zeigt sich doch, dass einmal der Inngletscher weit vorgedrungen war, um sich dann mindestens bis oberhalb Innsbruck zurückzuziehen. Wo er endete, wissen wir nicht; a priori ist es ebenso willkürlich anzunehmen, dass er dicht bei Innsbruck endete, wie dass er weiter thalaufwärts stehen blieb. Anstatt also durch die Annahme von Oscillationen das Bild zu vereinfachen, kompliciren wir es nur, und anstatt eine längere Zwischenzeit zwischen zwei Vergletscherungen grosser Striche Landes anzunehmen, müssen wir uns ebensoviel solche Zeiträume denken, als einzelne Oscillationen nachweisbar sind. Die Annahme von Oscillationen einer Vergletscherung braucht also mehr Zeit als die Voraussetzung zweier verschiedener Vereisungen zur Erklärung der Thatsachen.

Wir haben bisher nur die Breccien allein ins Auge gefasst, und nur aus derem Auftreten Schlüsse abgeleitet. Eines sehr beachtenswerthen Umstands haben wir noch zu gedenken. Die Breccien des Vomperbaches und von Höttingen bei Innsbruck liegen unter der mächtigen Terrasse der unteren Glacialschotter, welche das Innthal erfüllt. Diese unteren Glacialschotter wurden beim Herannahen der letzten Vergletscherung angehäuft. Sie gestatten uns, deren Entwickelung in unserem Gebiete zu verfolgen. Diese Vergletscherung fand nun bereits ältere Moränen unter den Breccien vor. Wir können hieraus nur entnehmen, dass einst eine Vereisung unseres Gebietes stattgefunden und sich gänzlich wieder zurückgezogen hatte, bevor die letzte Vergletscherung sich ausdehnte. Wir haben demnach zwei verschiedene Vergletscherungen unseres Gebietes anzunehmen.

Hiermit stimmt nun schliesslich noch das Vorkommen von Pflanzenresten in der Höttinger Breccie überein. Dieselben finden sich in ca. 1000 m Meereshöhe. Können wir auch nicht entnehmen, welcher Art sie sind, so lehrt uns doch ihr Auftreten, dass das Gehänge in so beträchtlicher Höhe bewachsen war. Solches ist unvereinbar mit der Nähe von Gletschern. Es lässt sich nur dadurch erklären, dass in der Zwischenzeit zwischen

Digitized by Google

beiden Vereisungen der Gegend von Innsbruck die starren Eismassen sich weit zurückgezogen hatten.

Wir wir also auch unsere Voraussetzungen beschränken wollen, so kommen wir doch stets zu demselben Resultate. Weisen wir es als unbeweisbar zurück, dass die Breccien der Kalkalpen gleichalterig sind, dass die durch mehrere derselben angezeigten zweifachen Vergletscherungen einander entsprechen, so lehrt uns das Auftreten der unteren Glacialschotter, dass wirklich zwei verschiedene Vergletscherungen sich einst im Innthale ausgedehnt haben, und hiermit steht bestens im Einklange das Auftreten von Pflanzenresten in der Höttinger Breccie.

Die Annahme blosser Oscillationen ein und derselben Vergletscherung erklärt uns nicht die geschilderten Verhältnisse. Sie komplicirt sowol Voraussetzungen als auch Ergebnisse nur in Anbetracht der Breccie. Sie ist unvereinbar mit dem Auftreten der unteren Glacialschotter und dem Vorhandensein von Pflanzenresten in der Breccie von Höttingen. Zudem hat nicht nur das Innthal die Spuren zweier verschiedener Vergletscherungen aufbewahrt; dass Illerthal, eines jener wenigen Thäler der nördlichen Kalkalpen, welche eigene Eisströme erzeugten, ist ebenfalls zweimal vergletschert gewesen.

Kapitel XIX.

Interglaciale Kohlen des Algäu.

Interglaciale Breccien bisher unbekannt. Interglaciale Kohlen. Verbreitung diluvialer Kohlen in den Alpen. Angenommene Gleichalterigkeit derselben. Mangel an Moränen unter den meisten. Ansichten über Leffe von Rütimeyer, Sandberger, Heer und James Geikie. Moränen unter und über den Kohlen des Algäu. Aufschlüsse am Löwen- und Leubache. Pflanzenreste in den Kohlen. Klima der Zeit ihrer Bildung. Erosion nach ihrer Ablagerung vor der letzten Vergletscherung. Gang der Ereignisse im Illerthale. Analogie mit den Ereignissen des Innthales. Diskordanz zwischen Kohlen und hangenden Moränen nicht durch Glacialerosion erklärbar. Erosion zwischen interglacialen Schichten und hangenden Moränen in den übrigen Theilen der Alpen. Bedeutung der räumlichen Lage der interglacialen Vorkommnisse in den Alpen. Erwägungen über die einzelnen Erklärungsmöglichkeiten.

Interglaciale Breccien, wie wir sie in den nördlichen Kalkalpen nachwiesen, sind bisher in den Alpen noch nicht bekannt gewesen. Wol hat man im Delphinat bei Avignonet im Thale des

Digitized by Google

Drac unter den dortigen unteren Glacialschottern Ablagerungen lokalen Schuttes entdeckt [1]), wol wird Gleiches von mehreren Autoren [2]) aus der Gegend von Lyon berichtet, aber es fehlt der Nachweis, dass unter diesem Schutte abermals eine Moräne auftritt, oder dass derselbe erratisches Material führt. Von den zahlreichen Vorkommnissen alter Breccien in den Kalkalpen, welche nach und nach konstatirt wurden, wird ferner meist gar nicht erwähnt, ob sie älter oder jünger als die Vergletscherung sind. Es wird daher noch eine lohnende Aufgabe sein, die Ablagerungen von „Hochgebirgsschotter“, über welche Gümbel berichtet, näher zu untersuchen; denn in diesen „Anhäufungen des aus der nächsten Nachbarschaft stammenden Gerölls, welches sich durch einsickernde, kalkhaltige Quellwässer nach und nach zu festem Gesteine verbindet“, erkennen wir zweifellos alte Schuttkegel, und es dürften die Vorkommnisse vom Hochvogel im Algäu, von der Hochalpe und Kreuzbergalpe bei Garmisch, sowie an der Weissbachscharte am Steinernen Meere, welche Gümbel [3]) erwähnt, noch ein eingehenderes Studium verdienen. Desgleichen ist die Kalkbreccie am Wimbachthale in den Berchtesgadener Alpen, welche Hailer [4]) beschrieb, in ihren Beziehungen zur Glacialperiode noch zu prüfen. Vielleicht stellt eine Ablagerung von Oberwölz in Steiermark, welche Rolle erwähnt, ebenfalls eine alte Breccie dar, darauf deutet wenigstens die Beschreibung ihrer Zusammensetzung und ihrer Lagerungsverhältnisse bestimmt hin. [5]) Herr Dr. von Ammon endlich zeigte mir eine Kalkbreccie, welche er am Vischbachgraben südwestlich Raibl gefunden, und die in allen Charakteren übereinstimmt mit unsern alten Breccien.

---

[1]) Lory, Descript. géolog. du Dauphiné. Paris 1860.

[2]) Lory, Descript. géolog. du Dauphiné. Paris 1860. p. 635. Falsan et Chantre, Étude sur les anciens glaciers.

[3]) Alpengebirge. p. 802.

[4]) Vergl. Schafhäutl, Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges. 1851. p. 199.

[5]) Die Braunkohlengebilde bei Rottmann, Judendorf und St. Oswald, und die Schotterablagerungen im Gebiete der oberen Mur in Steiermark. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. VII. 1856. p. 39 (54).

Digitized by Google

Bislang sind es die diluvialen Kohlen der Nordschweiz allein gewesen, welche einen Anhalt zur Annahme mehrerer Vergletscherungen ergaben und sich als interglaciale Gebilde erwiesen. Schieferkohlen kommen nun an mehreren Punkten der Alpen vor und gelten fast allgemein als gleichalterig.

Ausser den bereits erwähnten Vorkommnissen der Nordschweiz in der Nähe des Züricher- und Bodensees finden sich auf schweizer Boden noch am Thuner See unweit des Kanderdurchbruches spärliche Reste diluvialer Kohlen. Ferner wurden bei Chambéry und Sonnaz in Savoyen solche bergmännisch gewonnen. Ihr Auftreten ist sodann mehrfach am Südabfalle der Alpen konstatirt worden. Sie kommen in der Umgebung von Carignano, unweit Lanzo bei Stura, in dem Thale des Cervo bei Gifflengo, namentlich aber bei Leffe im Val Gandino vor. Durch das schöne Werk Gümbels[1]) ist ihr Auftreten auch in den bayerischen Alpen an mehreren Stellen bekannt geworden. Gümbel erwähnt ausser der bereits besprochenen Ablagerung von Gross-Weil am Kochelsee auch eine ziemlich ausgedehnte in den algäuer Alpen unweit Sonthofen.

Von allen diesen Vorkommnissen sind nur die der nördlichen Schweiz und das von Leffe in paläontologischer Beziehung genügend bekannt. Heer weist auf die Aehnlichkeit der Flora beider Fundstellen hin, er vergleicht ferner die Schieferkohlen von Utznach-Dürnten mit denen Savoyens. Er sucht dadurch nachzuweisen, dass alle diese erwähnten Lager gleichalterig sind, und hält sie demnach alle sammt dem vom Thuner See für interglacial.[2])
James Geikie[3]) folgt ihm in dieser Ansicht und erkennt auch in den oberitalienischen Schieferkohlen den Beweis für eine Interglacialzeit, und in einem Briefe, welchen ich ihm danke, äussert er sich ähnlich über die diluvialen Kohlen des Algäu. Karl Haushofer[4]) hat endlich die Vermuthung ausgesprochen, dass die diluvialen Kohlen, welche wir unter den Schottern bei Gross-

[1]) Alpengebirge. p. 803.

[2]) Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. p. 532. 540.

[3]) On Changes of Climate during the glacial Epoch. Geolog. Mag. vol. VIII. 1871. vol. IX. 1872. The Great Ice Age. 1874. 1877.

[4]) Skizze der geologischen Verhältnisse von München und seiner Umgebung. München in naturw. u. med. Beziehung. 1877.

Weil am Kochelsee kennen lernten, Aequivalente der schweizerischen Schieferkohlen seien, dasselbe behauptet F. SANDBERGER[1]) über die der algäuer Alpen.

Allergings lieferten bisher alle die namhaft gemachten Vorkommnisse noch nicht durch ihre Lagerungsverhältnisse den Beweis mehrfacher Vergletscherungen. So konnten wir unter den Kohlen von Gross-Weil am Kochelsee keine Moräne auffinden; ausdrücklich hebt S. BACHMANN[2]) hervor, dass sich am Thuner See keine Andeutung der vielbesprochenen zwei Eisperioden beobachten liessen; und nach übereinstimmenden Berichten sind bisher unter den Diluvialkohlen von Savoyen[3]) nie Spuren irgend welcher Glacialwirkung gefunden worden. LORY, DE MORTILLET, FALSAN und CHANTRE betonen dies ausdrücklich und wenden sich gegen die Annahme HEER's, dass die Kohlen interglaciale Gebilde seien. Aus gleichen Gründen, wegen mangelnder Moränen unter den Kohlen, bekämpft GASTALDI[4]) die Ansicht JAMES GEIKIE's betreffs der Diluvialkohlen Oberitaliens.

Wenn nun aber dennoch allgemein zugestanden wird, dass alle die genannten Vorkommnisse gleichalterig mit denen von Utznach-Dürnten sind, so müssen sie alle als interglacial gelten, sobald man JAMES GEIKIE[5]) beipflichtet, wenn er sagt, dass man betreffs der schweizerischen Kohlen zu keinem anderen Schlusse kommen könne als HEER, und ferner seine Meinung theilt, wenn er äussert, dass der Mangel einer Moräne unter den Kohlen noch keineswegs gegen ihr interglaciales Alter spricht, denn „in Utznach sah ESCHER VON DER LINTH bei einem jetzt wieder verschütteten Durchschnitt der Strasse nach Gauen ganz entschieden die unmittelbare Auflagerung der Schieferkohlenbildung auf die Molasse",

---

[1]) Die Land- und Süsswasser-Conchylien der Vorwelt. Wiesbaden 1870—75. p. 830.

[2]) Die Kander im Berner Oberland, ein ehemaliges Fluss- und Gletschergebiet. Bern 1870. p. 157 u. 83.

[3]) Ausführliche Literaturangaben über die Schieferkohlen Savoyens in A. FAVRE, Recherches géologiques etc. 1867. t. I. p. 92.

[4]) Appunti sulla memoria di Sign. J. GEIKIE: On changes of climate. Atti Soc. real. di Torino. vol. VIII. 1873.

[5]) The Great Ice Age. 2nd ed. 1877. p. 431.

Digitized by Google

so berichtet HEER[1]), und doch lagert dieselbe stellenweise, wie später erkannt wurde, zweifellos auf Moränen auf. Es handelt sich also auch hier wieder einzig darum, welche Ansicht man über die nordschweizer Schieferkohlen hat; aber gerade über deren geologische Stellung sind die Meinungen, wie wir oben zeigten, sehr getheilt.

Stimmen nun also auch die meisten Autoren darin überein, dass die alpinen Schieferkohlen einer Bildungsperiode angehören, so kam man jedoch neuerlich betreffs des Alters der Kohlen von Leffe im Val Gandino zu einem etwas anderen Resultate als dem bisher angenommenen. RÜTIMEYER[2]) erklärt nämlich, dass ihre Säugethierfauna theils mit der pliocänen des Val d'Arno, theils mit der postpliocänen des Val di Chiana übereinstimme, er hält sie daher wol für älter als die Lignite der Nordschweiz, in welchen ausschliesslich die postpliocäne Fauna des Val di Chiana repräsentirt ist. (A. a. O. p. 60.)

Derselben Ansicht huldigt F. SANDBERGER.[3]) Er parallelisirt die Lignite von Leffe mit dem Forest-bed an der Küste Englands und rechnet beide zum unteren Pleistocän, während er die nordschweizerischen Schieferkohlen gleich dem Mosbacher Sande zum Mittelpleistocän stellt. Diese aus der Fauna der Kohlen von Leffe gewonnenen Schlüsse stehen nun freilich mit der von HEER aus der Flora derselben hergeleiteten Folgerung in Widerspruch, und in Anbetracht dieser paläontologischen Differenz verdienen nun die geologischen Beobachtungen von JAMES GEIKIE[4]) grosse Beachtung. GEIKIE theilt die Ansicht STOPPANI'S[5]), dass die Lignite von Leffe in einem See abgelagert wurden, welcher durch Absperrung des Val Gandino entstand. Der Serio habe in seinem Thale derartige Schottermassen angehäuft, dass er das Val Gandino in ähnlicher Weise in einen See verwandelte, wie

---

[1]) Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. 1879. p. 571.

[2]) Ueber Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen. 1876. p. 53.

[3]) Ein Beitrag zur Kenntniss der unterpleistocänen Schichten Englands. Paläontographica. XXVII. 1880 81. p. 95.

[4]) Prehistoric Europe. 1881. p. 304—316.

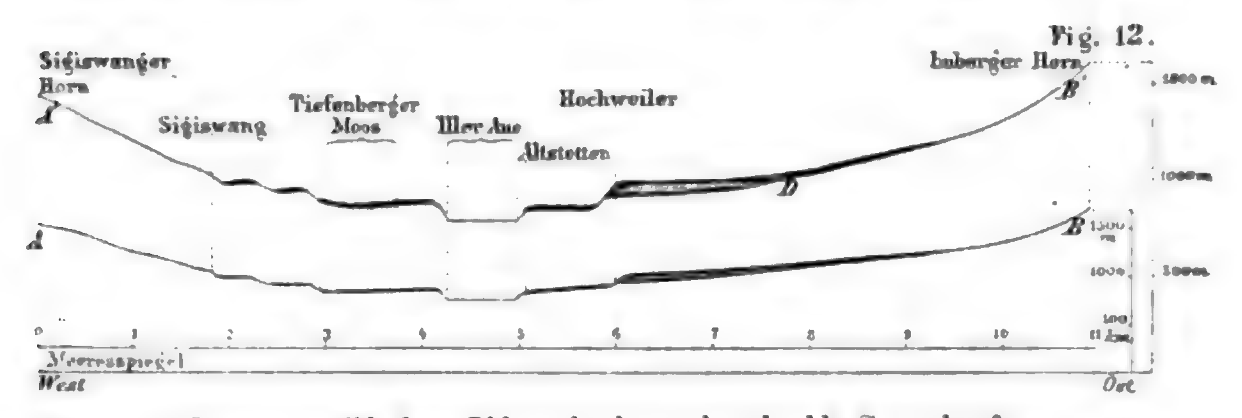
[5]) Corso di geologia. Milano 1873. Bd. II. p. 665.

Digitized by Google

nach unsern Beobachtungen es der Inn mit dem Achenseethal that. Während nun aber STOPPANI annimmt, dass diese Schotteranhäufung zur letzten Glacialzeit sich ereignete, glaubt GEIKIE, dass dieselbe von einer früheren Vergletscherung bedingt war. Er lehrt so, dass die Lignite jedenfalls nicht älter sind als die Eiszeit; denn sie lagern ja in einem Becken, das durch die Eiszeit gebildet wurde; sie können also nicht unterpleistocän sein. Er führt dann weiter aus, dass sie in der Zeit zwischen zwei Vergletscherungen gebildet sind, und hält sie für interglacial, ebenso wie die Schieferkohlen der Nordschweiz.

Wie es sich nun auch mit den Diluvialkohlen von Savoyen und Oberitalien verhalten möge, die von GÜMBEL aufgefundenen Schieferkohlen der algäuer Alpen treten unter ganz denselben

Fig. 12.



Querprofil des Illerthales oberhalb Sonthofen.

AB Höhe : Länge = 1:1. *A'B'* Höhe : Länge = 2:1.

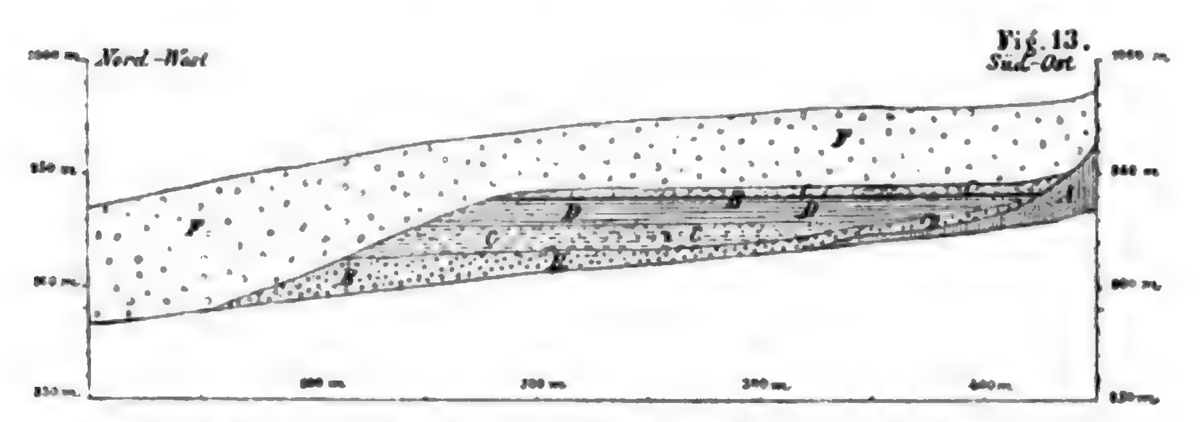
——— Grundmoränen. ▬▬▬ Nagelfluh mit Kohle (*D*).

Lagerungsverhältnissen auf wie die der Nordschweiz. Sie sind in einer mächtigen Schicht alpinen Gerölls eingebettet, welche von Grundmoränen überlagert und unterteuft wird. Ihr Vorkommen bestätigt die Ansichten von HEER und J. GEIKIE über das interglaciale Alter der alpinen Schieferkohlen.

In den algäuer Alpen verläuft von Nord nach Süd das breite Illerthal. Wie das in Fig. 12 dargestellte Querprofil desselben zeigt, sind die Gehänge flach und verlaufen in ihrem unteren Theile in zwei scharf getrennte Terrassen. Auf der linken Thalseite werden diese Terrassen aus älterem Gesteine, dem Flysche gebildet, am rechten hingegen besteht wenigstens die obere aus diluvialem Materiale. Mehrere Tobel schneiden unweit Sonthofen

Digitized by Google

in diese letztere ein und lehren deren Aufbau kennen. Der 60 bis 80 m tief eingeschnittene Imberger Graben, das Thälchen des Löwenbaches bei Imberg zeigt folgende Verhältnisse (vergl. Fig. 13): Oberhalb des genannten Weilers finden sich an den Gehängen des Thälchens 40—60 m mächtige Grundmoränen in Konnex mit grobem, wenig deutlich geschichtetem Schotter. Darunter liegt ein zu einer Nagelfluh verfestigtes Iller-Geröll. In demselben finden sich, und zwar überall in derselben Meereshöhe von 940 m zwei dünne Kohlenflötzchen, welche durch eine Nagelfluhbank von einander getrennt werden. Das obere derselben besitzt eine Mächtigkeit von $^1/_2$ m, das untere schwillt bis zu 2 m an und wurde früher an einer Stelle bergmännisch zu gewinnen gesucht. Unter der Kohle lagern Thone,



Profil im Imberger Graben oberhalb Imberg bei Sonthofen.
1 : 5000.

A Flysch. *B* Untere Grundmoräne. *C* Nagelfluh. *D* Bänderthon. *E* Schieferkohle. *F* Obere Moräne mit Schutt und Geröll.

welche Pflanzenreste führen, nämlich zusammengedrückte Zweige und Stämmchen. Wenig unterhalb der Stelle, wo sich Flyschfelsen am Bache einstellen, lagert unter jenen Thonen eine 10 m mächtige Grundmoräne, voller gekritzter Geschiebe, welche ungefähr 40 m weit am Gehänge kontinuirlich entblösst ist. Weiter thalabwärts schaltet sich unter die erwähnten Thone eine mächtige Bank alpinen Gerölls ein, welche in dem Maasse, wie man abwärts geht, an Mächtigkeit zunimmt. Unter dieser ist dann, 800 m oberhalb der letzten Häuser von Imberg, eine dünne Lage von Sand und Bänderthon aufgeschlossen, und darunter in deutlichster Weise eine über 10 m mächtige Grundmoräne. Dicht unterhalb dieses Profiles bricht die Ablagerung alpinen Gerölls sammt Kohlen plötzlich

Digitized by Google

ab. Das Gehänge des Löwenbaches besteht dann ausschliesslich aus Moränen mit einzelnen Schotterlagen, wie sie sonst im Hangenden des alpinen Gerölls sich finden. Die in ihnen auftretenden Schotternester sind oft zu einer losen Nagelfluh verkittet. Von diesen Bildungen mögen jedoch grosse Fragmente des verkitteten alpinen Gerölls, welche sich auch in den Moränen finden, wol unterschieden werden. Unter diesen letzteren hebt sich dicht am Weiler Imberg wieder Flysch hervor.

Ein Stück westlich vom Imberger Tobel schneidet der Schwarzbachtobel in die Diluvialterrasse ein, aber nirgends tief genug, um die diluvialen Kohlen blosslegen zu können. Dieselben werden erst wieder durch den noch weiter südwestlich fliessenden Leubach durchschnitten; hier treten sie, wie sich aus barometrischen Messungen ergibt, in nur wenig höherem Niveau auf als am Löwenbache bei Imberg, nämlich in 950 m Meereshöhe. Sie sind hier wie dort von Thonlagern begleitet und werden gleichfalls von einem zu Nagelfluh verkitteten Geröll überlagert und unterteuft. Ueber demselben sind Moränen mehrfach aufgeschlossen, und verfolgt man den Tobel bis nahe an den Häusern von Hohenweiler, so erblickt man an einer Stelle, wo die Wasserleitung des genannten Weilers den Tobel verlässt, auch eine Grundmoräne unter dem Gerölle, doch ist dieser Aufschluss nicht so gut wie die im Imberger Thale.

Es geht aus den angeführten Beobachtungen hervor, dass am rechten Gehänge des Illerthales unweit Sonthofen ein Lager diluvialer Kohlen auftritt, welches auf $1^1/_2$ km Entfernung zu verfolgen ist. Dasselbe ist eingelagert in ein zu Nagelfluh verkittetes, im Mittel 30—40 m, örtlich aber auch 60 m mächtiges alpines Geröll. Ueber demselben sind allenthalben Moränen aufgeschlossen, und wo dieselbe von Thälern durchteuft wird, erscheinen in ihrem Liegenden ganz typische, echte Grundmoränen. Dies Kohlenflötz senkt sich nicht tiefer als 200 m über die Iller bei Sonthofen.

Leider sind die Pflanzenreste dieser Kohlen noch nicht ausgebeutet worden. Zwar sammelte schon OPPEL einige Holzfragmente, welche im paläontologischen Museum zu München auf-

Digitized by Google

bewahrt werden, aber es sind nur sehr wenige. Kraus[1]) untersuchte einige derselben. Er erkannte darunter Stammtheile von Pinus silvestris, sowie einige Zapfen dieser Conifere. Mir selbst war leider an jenen interessanten Punkten unmöglich, mehr als einige dürftige Reste zu sammeln, fortwährender Regen machte den Aufenthalt in den Tobeln beinahe unmöglich. Ich fand Zapfen und Nadeln einer Pinusart.

Ist es so einstweilen noch versagt, aus der Flora der algäuer Diluvialkohlen Schlüsse auf das Klima der Zeit zu machen, während welcher sie entstanden, so lehrt doch schon ihr Auftreten an und für sich, dass sie nicht während einer Glacialzeit gebildet werden konnten. Sie finden sich in einer Meereshöhe von 940 m. Eine Temperaturerniedrigung von nur drei Grad würde in jener Höhe den Baumwuchs unmöglich machen; es sind aber Baumstämme, welche die Kohle zusammensetzen. Eine Temperaturerniedrigung von drei Grad aber, welche die Bildung der Kohlen schon unmöglich, würde doch noch nicht genügen, um in den algäuer Alpen Gletscher zu erzeugen und bis nahe an den Fuss des Gebirges ausdehnen zu lassen, ihnen mindestens eine Länge von 25 km, die heute kein Alpengletscher erreicht, zu verleihen. Um beide Thatsachen, Kohlenbildung und zweifache Vergletscherung zu erklären, muss man annehmen, dass das Klima in der Zwischenzeit zwischen beiden Vergletscherungen ein anderes, milderes war als während derselben. Ferner aber geht aus den Lagerungsverhältnissen der Kohlen hervor, dass ihre Bildung eine sehr lange Zeit zwischen zwei Vereisungen des Algäu bezeichnet.

Das Illergeröll, in welchem sie auftreten, findet sich nur an den Gehängen des Illerthales, und zwar ist sein Vorkommen auf das rechte beschränkt. Es steigt hier aber nirgends unter das Niveau der oberen Terrasse herab, es fehlt auf der unteren, und nirgends senkt es sich bis zur Thalsohle. Seine untere Grenze bleibt vielmehr stets bei 130 m über derselben, während seine obere bis 220 m über letztere ansteigt. Fig. 12 pag. 256 führt diese

[1]) Ueber einige bayerische Tertiärhölzer. Med. naturw. Verhandl. Würzburg 1865.

Digitized by Google

Lagerungsverhältnisse vor Augen. Mit einer vertikalen Strichlage ist hier dies Illergeröll bezeichnet worden. — Anders ist das Auftreten der Moränen. Mächtige Grundmoränen überdecken die Thalgehänge, sie ziehen sich über die Schotterterrasse hinweg bis an die Thalsohle. Sie treten also in tieferem Niveau als die diluviale Nagelfluh auf. Nun könnte man vielleicht muthmassen, dass jene Moränen, welche im Imberger Graben unter der Nagelfluh liegen, unter derselben am Thalgehänge ausstreichen, und dass die untersten Moränen daselbst ihr Ausgehendes darstellen. Aber schon die Aufschlüsse im Löwenbache bei Imberg lehren, dass solches nicht der Fall ist; es schneiden die hangenden Moränen das alpine Geröll schräg ab und ziehen sich, dessen Abfall überkleidend, von der oberen Terrasse nach der unteren. Ein Profil am Hinnanger Bache, am Abfalle der oberen Terrasse, zeigt dasselbe Verhältniss. Hier lässt sich mit grösster Schärfe verfolgen, dass dieselbe Moräne, welche die Nagelfluh auf der Höhe der Terrasse bedeckt, auch deren Abfall überkleidet und sich dann über der nächst tieferen Terrasse ausbreitet. Vor allem ist zu bemerken, dass sie sich auch über den Bänderthon hinwegzieht, welcher im Liegenden der Nagelfluh auftritt, und den ich, nach den Verhältnissen im Imberger Tobel zu urtheilen, für einen Repräsentanten der dort entwickelten unteren Moräne halten möchte.

Alle diese Thatsachen beweisen eine Erosion, welche zwischen Ablagerung des alten Illerschotters und derjenigen der hangenden Moränen stattgefunden hat. Es ist das Illerthal in den Schotter eingeschnitten, welcher eine alte Illeranschwemmung, also einen alten Thalboden repräsentirt, er hat denselben gänzlich durchteuft und sich bis ungefähr 220 m unter dessen oberes Niveau eingesenkt. Dann erst hat die letzte Ausbreitung der Gletscher stattgefunden. Das Geröll ist also weit älter als die hangenden Moränen, ein langer Zeitraum verstrich zwischen der Ablagerung beider. Hiermit steht im Einklange, dass Blöcke des zu Nagelfluh verkitteten Illerschotters sich in den hangenden Moränen finden, er muss also vor deren Bildung bereits verkittet gewesen sein. Die Profile im Imberger Tobel und Schwarzbachthale lehren nun, dass vor der Anhäufung jener Illerschotter bereits Gletscher im Illerthale entfaltet waren und sich bis nahe an den Fuss der

Digitized by Google

Alpen vorschoben, während heute das Gebiet keinen einzigen Gletscher erzeugt. Folgender Gang der Ereignisse wird durch die diluviale Schichtenfolge im Illerthale bewiesen:

1. Das Thal wird mit Gletschern erfüllt, welche sich bis in die Gegend von Sonthofen ziehen und bis unter 900 m Meereshöhe herabsteigen. Niedere Temperatur.

2. Die Gletscher ziehen sich zurück; Schottermassen, bis auf 60 m Mächtigkeit anschwellend, werden angehäuft. Temperaturerhöhung.

3. Vegetation breitet sich über der gebildeten Schotterfläche aus. Ihr Material sammelt sich in zwei Kohlenflötzchen, welche eine Mächtigkeit von über 3 m erreichen. Diese Anhäufung vegetabilischer Substanz lässt sich nur durch die Annahme eines längeren Zeitraumes erklären. Die Kohlenflötze werden von Schottern bedeckt.

4. Nun erst schneidet das Illerthal ein und zwar um 210 bis 220 m. Temperatur anhaltend höher.

5. Zum zweiten Male breiten sich Gletscher aus. Abermalige Temperaturerniedrigung.

Die beiden Vergletscherungen der Gegend von Sonthofen, welche durch das Auftreten von Moränen im Liegenden und Hangenden der dortigen Schieferkohlen bewiesen werden, sind also durch einen langen Zeitraum von einander getrennt, während welches eine mächtige Schotterablagerung, eine Bildung diluvialer Kohlen und eine höchst beträchtliche Vertiefung des Thales stattfanden. Beide Vergletscherungen werden durch eine ganze Periode der Thalgeschichte von einander getrennt, in welcher anhäufende und erodirende Processe thätig waren und während welcher ein Klima herrschte, welches mit einer bedeutenden Eisentwickelung unverträglich ist. Man kann die beiden Vergletscherungen daher schwerlich als den Ausdruck von Gletscheroscillationen auffassen, wenn man denselben nicht die Dauer ganzer geologisch sich energisch fühlbar machenden Zeiträume zuweisen will. Ganz ebenso verhält es sich aber auch mit den beiden Vergletscherungen, welche in der Gegend von Innsbruck durch die Lagerungsverhältnisse der dortigen Breccien angezeigt sind. Im Iller- und

Digitized by Google

Innthale sind zwei zeitlich scharf getrennte Vergletscherungen nachweisbar.

Im Innthale erhielten wir durch die Verfolgung der Breccien die Ueberzeugung, dass sich die erste Vergletscherung nachweislich bis nahe an den Rand des Gebirges erstreckt und sich darauf aus unserem Gebiete völlig zurückgezogen hatte, als die zweite Vereisung desselben eintrat. Im Illerthale liegen die Verhältnisse nicht so günstig. Der alte Illerschotter ist in seinem Auftreten auf die Gegend von Sonthofen beschränkt. Hier aber lässt er sich von Imberg bis gegen Schöllang, also auf eine Entfernung von über 4 km verfolgen, und diese Strecke gibt die Minimalentfernung an, auf welche die erste Vergletscherung sich zurückgezogen hatte. Allerdings ist dies nur eine kleine Strecke, aber sie erscheint nicht so unbeträchtlich, wenn man erwägt, dass der Illergletscher der kleinste unseres Gebietes ist, und während seiner grössten Entfaltung eine Länge von kaum 70 km besass. Geradezu bedeutungsvoll aber wird die doppelte Vergletscherung der Gegend von Sonthofen, wenn wir erwägen, dass der Illergletscher, der sich zweimal über jenes Gebiet verbreitete, der einzige völlig selbstständige Gletscher ist, den wir kennen lernten, und es erscheint hochwichtig, dass wir nicht nur im Inngebiete eine mehrfache Vergletscherung einzelner Strecken erkennen können, sondern auch in einem anderen Alpenthale, welches seinen eigenen Gletscher erzeugte, und dass hier wie da die beiden Vergletscherungen durch einen lang anhaltenden Abschnitt in der Bildung der Thäler von einander getrennt werden.

Allerdings kann der Nachweis dieses Zeitabschnittes im Illerthale nicht mit gleicher Schärfe geführt werden wie im Innthale, wo die unteren Glacialschotter bis zur heutigen Thalsohle herabgehen und wirklich beweisen, dass das Thal vor Eintritt der letzten Vergletscherung gebildet war. Im Illerthale fehlen die unteren Glacialschotter, und dieser Mangel könnte die Meinung verursachen, dass jene Schotter vielleicht in ebenderselben Weise während der letzten Vergletscherung entfernt worden sind wie im unteren Innthale, wo die Schotterterrasse nur in Seitenthälern erhalten ist, und diskordant von Moränen bedeckt wird. Wir werden diese Erscheinung im Innthale später durch die Annahme einer

Digitized by Google

höchst beträchtlichen Erosion zu erklären suchen, welche durch die Vergletscherung ausgeübt wurde. Könnte nun nicht auch das untere Illerthal eine ähnliche Glacialerosion erfahren haben? Könnte nicht die Vertiefung des Thales nach Ablagerung der kohlenführenden alten Illerschotter ein Werk des Gletschers selbst sein, sodass man nicht eine besondere Zeit der Thalvertiefung zwischen Ablagerung der gedachten Schotter und der letzten Vergletscherung anzunehmen hätte?

Ich bin weit entfernt davon, die Möglichkeit einer solchen Annahme leugnen zu wollen, allein für diesen vorliegenden Fall halte ich sie nicht für anwendbar; denn die in grosser Mächtigkeit entwickelten Moränen lehren, dass der Gletscher hier nicht erodirte, sondern anhäufend wirkte. Möge man auch jene Annahme machen, es muss selbst dann noch zwischen den beiden Vergletscherungen der Gegend von Sonthofen eine sehr beträchtliche Zeit verflossen sein, bedeutend genug, um die Anhäufung eines bis 60 m mächtigen Schottersystemes, die Bildung zweier zusammen 3 m mächtiger Kohlenflötzchen, sowie die Verfestigung der Schotter zu einer Nagelfluh zu gestatten. Unter allen Umständen drängt sich uns also die Ueberzeugung auf, dass die beiden Vergletscherungen bei Sonthofen durch einen langen Zeitabschnitt von einander getrennt waren, während welches die Iller in ähnlicher Weise wie heute ihre Thalsohle fortwährend erhöhte, indem sie Schotterschicht auf Schotterschicht häufte.

In zwei verschiedenen Gletschergebieten unseres Untersuchungsfeldes lernen wir also zwei verschiedene Vergletscherungen kennen, deren Spuren nicht nur durch mächtige Zwischenbildungen, sondern auch durch eine tiefgreifende Erosion von einander getrennt sind. Schon diesen Umstand vermögen wir nicht durch blosse Annahme von Gletscheroscillationen analog den Schwankungen unserer heutigen Gletscher zu erklären. Dasselbe ist aber nicht allein von den beiden Vergletscherungen im Inn- und Illerthale zu berichten, sondern von allen jenen Vorkommnissen der Alpen, wo bisher die Spuren zweier verschiedener Vereisungen erkannt wurden. Es möge darauf aufmerksam gemacht werden, dass sowol am Bodensee, als auch am Wallenstädter und Züricher See die Schieferkohlen wie im Algäu hoch über den heutigen Thal-

sohlen liegen; während die Moränen der letzten Vergletscherung sich bis zu den heutigen Thalböden herabziehen, sodass höchst wahrscheinlich auch an jenen Lokalitäten der Nordschweiz die beiden Vergletscherungen durch eine Zeit der Thalbildung von einander getrennt sind. Gleiches lehrt der Aufschluss von Thonon im Dransethale am Genfersee, wie die Profile von A. Favre erkennen lassen.

Ich verkenne nicht, dass der Nachweis eines selbst sehr beträchtlichen Zeitraumes zwischen zwei Vergletscherungen einer Stelle an und für sich noch nicht genügt, um die Annahme zweier verschiedener Vergletscherungen des ganzen Gebietes, die Annahme zweier Eiszeiten zu beweisen. Es ist immerhin denkbar, dass eine einzige Vergletscherung während einer gewissen Phase ihrer Entwickelung eine sehr lang anhaltende Oscillation erlitt, während welcher die interglacialen Schichten gebildet wurden und eine energische Erosion stattfand, ohne dass das Eis sich gerade weit zurückgezogen hatte.

Unter dieser Annahme musste sich die Oscillation überall in einer bestimmten Phase der Gletscherentwicklung geltend machen, und die interglacialen Schichten müssen in einer ganz bestimmten Entfernung von dem Gletscherherde auftreten. Solches ist aber nicht der Fall.

Wir finden vom Genfersee bis zum Inn an vier weitgetrennten Punkten Spuren zweier verschiedener Vergletscherungen. Diese Stellen liegen theils am Fusse des Gebirges, wie Mörschweil am Bodensee, theils nahe dessem Rande, wie Sonthofen, theils tief in dessem Inneren, wie Innsbruck, beinahe 100 km vom Rande entfernt. Will man diese räumliche Vertheilung der einzelnen Hauptpunkte durch ein und dieselbe Schwankung einer Vergletscherung des ganzen Gebirges erklären, so muss man annehmen, dass diese Schwankung von solcher zeitlicher und räumlicher Erstreckung gewesen ist, dass sie nicht mehr als Oscillationen einer einzigen Vergletscherung, als Phase einer Eiszeit bezeichnet werden kann. Wir können sie nur für den Ausdruck verschiedener Vergletscherungen, für die Werke zweier Eiszeiten halten, welche durch eine Interglacialzeit mit milderem Klima von einander getrennt sind. Eine solche mildere Interglacialzeit wies aber Heer

Digitized by Google

durch Diskussion der Flora der schweizerischen Schieferkohlen nach. Sein Ergebniss wurde bekämpft, es fehlte noch die stratigraphische Bestätigung. Wir glauben sie durch Verfolgung der interglacialen Schichten gegeben zu haben.

Allerdings machten wir eine Annahme, die wir nicht beweisen können. Die einzelnen Vorkommnisse interglacialer Schichten liegen weit auseinander, und stehen in keinerlei Konnex miteinander. Sind sie wirklich gleichalterig? Wäre nicht vielleicht denkbar, dass ein und dieselbe Vergletscherung während ihrer Entwickelung mehrfach oscillirte, sodass an mehren Phasen der Eisentwickelung die Bildung interglacialer Schichten möglich war, so z. B. zuerst in der Gegend von Innsbruck im Innern des Gebirges, dann bei Sonthofen an dessem Saume, dann bei Mörschweil und Wetzikon an dessem Fusse?

Denkbar ist eine solche Möglichkeit schon. Aber nicht jede denkbare Möglichkeit ist ohne weiteres als wissenschaftliche Erklärung anzunehmen. Sie bedarf eines Beweises, und falls ein solcher nicht zu liefern ist, wie es ja leider in der Geologie nur zu häufig der Fall ist, hat eine ruhige Erwägung an Stelle desselben zu treten. Wir haben im vorliegenden Falle auf der einen Seite die Annahme, dass zweimal das ganze Alpengebiet vergletschert gewesen ist, und dass in der Zwischenzeit anhäufende und erodirende Processe thätig waren. Auf der anderen Seite die Möglichkeit, dass eine Vergletscherung während verschiedener Phasen ihrer Entwickelung oscillirte, und zwischen je einem lokalen Rück- und wieder Vorwärtsgehen des Eises eine Periode verstrich von genau ebenso langer Dauer, wie zwischen den beiden durch die andere Annahme geforderten Vergletscherungen. Auf der einen Seite haben wir eine allgemeine Erklärung, welche alle Erscheinungen durch eine Annahme erklärt, auf der andern eine lokale Theorie, welche für jede neue Erscheinung eine neue Annahme machen muss. Die erstere macht also weniger Voraussetzungen als die letztere, sie bringt weniger Zeit für die Dauer des Phänomens in Anschlag als die letztere. Auf der einen Seite haben wir eine Annahme, welche alle Erscheinungen ungezwungen erklärt, auf der andern eine Hypothese, welche uns zu Widersprüchen führt. Sie verlangt, dass bei Innsbruck in der Nähe gewaltiger Gletscher

Digitized by Google

sich in fast 1000 m Meereshöhe Gewächse ansiedelten, dass im Algäu in Nähe der Gletscher in 940 m Meereshöhe eine reichliche Nadel- und Laubholzflora existirte, dass am Fusse eines gänzlich mit Eis erfüllten Gebirges Pflanzen unseres Klimas gediehen, deren Reste uns die schweizer Schieferkohlen aufbewahren.

Nach alledem können wir uns nur für die Annahme entscheiden, dass die Alpen während der Diluvialzeit zweimal vergletschert gewesen sind, und hiermit stimmen die Phänomene des alpinen Vorlandes glänzend überein.

Kapitel XX.

Die alten Anschwemmungen der Alpen.

Schwierigkeit die Spuren zweier Vergletscherungen zu verfolgen. Zweitheilung des alpinen Diluviums. ELIE DE BEAUMONT, STUDER, NECKER, MORLOT, MARTINS und GASTALDI etc. Alte Anschwemmungen und präglaciales Diluvium. Alter der alten Anschwemmungen. Präglacial nach ELIE DE BEAUMONT, STUDER, MORLOT, LORY, ZITTEL und VON MOJSISOVICS. Glacial nach J. DE CHARPENTIER, AGASSIZ, CHARLES MARTINS, GASTALDI, HOGARD, A. und E. FAVRE, FALSAN, CHANTRE, LORY. Alluvions glaciaires. Pliocän nach STOPPANI, DESOR, RENEVIER, LORY, A. FAVRE, JAMES GEIKIE. Dagegen A. FAVRE, RÜTIMEYER, JAMES GEIKIE, TARAMELLI. Interglacial nach MORLOT und HEER. Verschiedenes Verhalten der alten Anschwemmungen zu den Moränen. Gletscherschliffe auf alten Anschwemmungen. Bois de la Bâtie bei Genf. Zweitheilung der alten Anschwemmungen. MARTINS und GASTALDI, DE MORTILLET, LORY, JAMES GEIKIE. Theils glacial, theils präglacial (DE MORTILLET) oder altglacial (A. ESCHER VON DER LINTH, MÜHLBERG, JAMES GEIKIE).

Die alten Breccien der Kalkalpen und die Schieferkohlen des Algäu, welche uns zu der Annahme zweier Vergletscherungen führen, gestatten uns die Spuren der ersteren nur so weit zu verfolgen, als sich diese Ablagerungen erstrecken. Es ist nun nicht gerade wahrscheinlich, dass jene erste Vergletscherung genau an den äussersten Vorkommnissen derselben endete, und um ihre grösste Ausdehnung zu ermitteln, müssen wir daher ihre Reste anderweitig aufzufinden suchen. Allein hier stellt sich die grosse Schwierigkeit entgegen, wie dies bewerkstelligen; denn es liegt auf der Hand, dass die Moränen beider Vergletscherungen, wenn sie nebeneinander auftreten, nicht geschieden werden können, falls nicht Zwischenbildungen zwischen ihnen vorkommen. Aber selbst dann ist solches noch schwierig; es wurde oben ausgeführt, dass

Digitized by Google

sich in den Moränen einer einzigen Vergletscherung häufig kiesige und thonige Einlagerungen finden, dass Moränen mit Schichten von Geröll und Bänderthon wechsellagern können, ohne dass man es mit den Resten mehrerer Vereisungen zu thun hat. So gewähren denn die Moränen an und für sich nur ein geringes Hilfsmittel, die Spuren verschiedener Vergletscherungen zu verfolgen.

Wesentlichere Dienste leisten in dieser Beziehung die glacialen Schotter. Wir erkannten, dass der letzten Vergletscherung eine ungemeine Schotteranhäufung vorausging. Würde man nun irgend wo unter diesen unteren Glacialschottern Spuren einer älteren Vergletscherung finden, so würde dadurch ohne weiteres der Beweis einer zweifachen Vereisung des ganzen Gebietes bis zu der betreffenden Stelle hin geliefert werden; denn wir verfolgten die unteren Glacialschotter durch unser ganzes Gebiet als fast ununterbrochene Ablagerung. Wenn daher irgend wo sich Gletscherspuren unter ihnen finden, so erhellt, dass dieselben älter sein müssen als das gesammte System der unteren Schotter. So weit diese sich nach dem Centrum der Vergletscherung verfolgen lassen, ist das Land zwischen der durch jene Spuren angedeuteten ersten Vergletscherung und der letzten eisfrei gewesen. Es gilt daher vor allem das Liegende der unteren Glacialschotter zu studiren. Dabei ist jedoch Eines im Auge zu behalten. Die Höttinger Breccie und die algäuer Kohlen lehren, dass zwischen der ersten und letzten Vergletscherung eine beträchtliche Erosion stattfand, dass die Thäler bedeutend vertieft wurden. Nun aber sind die unteren Glacialschotter in den Thälern entwickelt. Sie füllen dieselben bis zu einer gewissen Höhe aus. Es dürfte daher von vornherein vergeblich sein, unter ihnen nach Moränen der ersten Vergletscherung zu suchen. Wahrscheinlicher dürfte es schon sein, unter ihnen die Anschwemmungen einer früheren Vergletscherung zu finden; denn wenn nothwendigerweise, wie wir nachzuweisen suchten, einer jeden Vergletscherung eine Schotteranhäufung vorausging, so muss solches sicher auch vor der ersten Vereisung geschehen sein, und sind deren Moränen im Thalboden bereits zerstört, so dürfte solches in geringerem Maasse von den Schottern derselben gelten. Es fragt sich also, treten unter den unteren Glacialschottern Geröllablagerungen auf, welche als die

Digitized by Google

Anschwemmung einer früheren Vergletscherung zu deuten sind, sind also unter den Moränen der letzten Vergletscherung ein oder mehrere Schottersysteme nachweisbar? Indem wir diese Frage zu beantworten suchen, treten wir einem der schwierigsten Probleme der Glacialgeologie in den Alpen entgegen.

Wo in den Alpen die Diluvialgebilde genauer untersucht worden sind, ergab sich, dass sie aus zwei wesentlich verschiedenen Schichten aufgebaut werden, und zwar fand sich, dass überall als unteres Glied eine mächtige Geröll- und Kiesbildung vorhanden ist, während als oberes jene unregelmässig struirten, ungeschichteten Ablagerungen auftreten, welche als Moränen aller Art zusammengefasst werden. Die geschichteten Geröllablagerungen erregten zuerst die Aufmerksamkeit der Geologen. Sie wurden in allen Theilen der Alpen bereits zu Anfang dieses Jahrhunderts nachgewiesen und meist als „Diluvium" beschrieben. Es fand sich, dass diese Geröllmassen häufig konglomeratisch verfestigt sind. Leopold von Buch[1]) verlieh solchen Ablagerungen den Namen diluviale Nagelfluh, welcher, obwol leicht zu Verwechslungen Veranlassung gebend, doch bis heute im Gebrauche geblieben ist. Die reinen Glacialgebilde wurden anfänglich mit diesem „Diluvium" zusammengefasst. Die Gebrüder Schlagintweit[2]) und Rolle[3]) äusserten sich noch in den funfziger Jahren in dieser Richtung.

Schon 1830 aber konnte Elie de Beaumont[4]) im Delphinat zwei Abtheilungen der dortigen Diluvialgebilde erkennen, eine ältere Transportformation und eine jüngere, welch' letztere allein er als Diluvium bezeichnete. Studer[5]) fand später gleichfalls in

---

[1]) Beobachtungen auf Reisen. Bd. I. p. 147. 171. 197.

[2]) Neue Untersuchungen über die physikalische Geographie und Geologie der Alpen. 1854. p. 544.

[3]) A. a. O. Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. VII. 1856. p. 39—66.

[4]) Annales des Sciences naturelles. 1830. XVIII. p. 63 u. 98. Citirt nach A. Favre, Recherches géologiques. I. p. 87.

[5]) General View of the Geological Structure of the Alps. Edinb. new. phil. Journ. XIII. 1842. p. 144. Bibl. univers. de Genève. LXXV.

Digitized by Google

der Schweiz zwei Abtheilungen des Diluviums, die untere aus Geröll, die obere aus ungeschichtetem Materiale bestehend, und NECKER[1]) unterschied in der Gegend von Genf zwei Glieder, ein unteres, aus Geröllen sich aufbauendes, welches er als alte Anschwemmung, alluvion ancienne, bezeichnete, während er als diluvium cataclysmique das obere, die eigentlichen Glacialgebilde absonderte. In den östlichen Alpen fand MORLOT[2]) dieselbe Gliederung des Diluviums. Er zeigt, dass die mächtigen Schottermassen, welche in den Alpenthälern als langgedehnte Terrassen auftreten, von den erratischen Gebilden überlagert werden, und sondert sie als „unteres Diluvium“ von den letzteren, seinem „erratischen Diluvium“ ab. Am Südabfalle der Alpen erkannten CH. MARTINS und GASTALDI[3]) dieselbe Eintheilung. Die Moränen lagern dort einer mächtigen Geröllbildung auf, welche bisweilen konglomeratisch verfestigt ist und dann „ceppo“ heisst. MARTINS und GASTALDI nennen diese Geröllformation alpines Diluvium, „diluvium alpin“, wohingegen sie mit dem NECKER'schen Ausdruck „alluvions anciennes“ gewisse pliocäne Ablagerungen bezeichnen, zu welchen sie freilich auch die Schieferkohlen der Nordschweiz rechnen. Sie suchen diese Eintheilung auch auf die nördlichen Alpen anzuwenden, und ROZET[4]) folgt ihnen, indem er in den Hochalpen bei Gap „alpines Diluvium“ und Glacialgebilde unterscheidet. E. COLLOMB[5]) endlich trennte in der Gegend von Lyon das alpine Diluvium ohne gekritzte Geschiebe von den Moränen mit gekritzten Geschieben, und er war der erste, welcher auf die allgemeine Anwendbarkeit dieser Eintheilung in den Alpen und den Vogesen ausdrücklich hinwies. Seitdem haben die Studien

---

1) Études géologiques dans les Alpes. 1844. p. 232.

2) Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. 1847. p. 67.

3) Sur les terrains superficiels de la vallée du Pô. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. VIII. 1849/50. p. 554—603.

4) Preuves de l'existence d'anciens glaciers près des villes de Gap et d'Embrun (Hautes-Alpes). Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IX. 1851/52. p. 424.

5) Notice sur les blocs erratiques et les galets rayés des environs de Lyon. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IX. 1851/52. p. 240.

von Lory, A. Favre, Falsan und Chantre, die Untersuchungen von de Mortillet, Omboni, Gastaldi überall unter den Moränen mächtige Geröllbildungen kennen gelehrt, welche gewöhnlich, dem Beispiele Necker's entsprechend, als alte Anschwemmungen bezeichnet werden. In den deutschen Alpen erkannten von Mojsisovics[1]) und Zittel dasselbe Verhältniss; beide bezeichnen jene Geröllablagerungen als präglaciales Diluvium.

Ueber das Alter dieser Geröllformation hat sich eine lebhafte Auseinandersetzung erhoben. Eine Anzahl von Geologen hält nämlich die beiden Glieder des Diluviums für wesentlich altersverschieden, für zwei ganz getrennte Bildungen, welche gar nichts miteinander zu thun haben. Andere Autoren hingegen sehen dieselben für eng mit einander verbunden an, und erachten sie im wesentlichen als gleichalterig.

Elie de Beaumont[2]) nimmt an, dass die Hebung der westlichen Alpen nach der Bildung des unteren Diluviums erfolgt sei; Studer[3]) jedoch zeigte, dass Elie de Beaumont seine Schlüsse auf nicht ganz korrekte Beobachtungen gestützt habe, indem er tertiäre und diluviale Nagelfluh nicht mit genügender Schärfe getrennt habe. Seitdem steht fest, dass die „alten Anschwemmungen“ erst nach der Hebung der Alpen entstanden, und vielfach wurde die Meinung ausgesprochen, dass sie in der langen Zeit zwischen letzter Hebung des Gebirges und dem Eintritte der Vergletscherung abgelagert wurden. So äusserte sich Morlot[4]) dahin, dass der Gletscherausdehnung eine Periode kräftiger Strombildungen vorausgegangen sei, und Lory und Gabriel de Mortillet vertreten eine ähnliche Anschauung. Sie sagen, dass nach endgültiger Hebung der Alpen die Thalbildung sich entfaltete, und dass der dabei entstandene Schutt als alte Anschwemmung vorliege. Lory spricht daher auch an einer Stelle aus, dass das Alter der alten

[1]) Beiträge zur topischen Geologie der Alpen. No. 3. Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt. 1873. p. 137 (158). Die Dolomitriffe von Südtirol. 1878. p. 468.

[2]) A. a. O.

[3]) Geologie der westlichen Schweizeralpen. Leipzig 1834. p. 221.

[4]) Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. 1847. p. 67.

Digitized by Google

Anschwemmungen des Delphinats in weiten Grenzen schwanke, dass sie theilweise vielleicht noch zum Pliocän, und theilweise nur dem Quartär angehörten.[1]) Jedenfalls halten aber MORLOT und LORY, wenigstens in ihren älteren Arbeiten, die alten Anschwemmungen für präglaciale Bildungen, und dies ist auch die Ansicht von ZITTEL[2]) und von MOJSISOVICS.

Der auffallende Konnex, welchen jene Geröllmassen mit den echten Glacialgebilden zunächst in räumlicher Beziehung aufweisen, führte jedoch bald zu der Ansicht, dass sie zu denselben in einem bestimmten genetischen Verhältnisse stehen. Schon J. DE CHARPENTIER[3]) und AGASSIZ waren der Meinung, dass viele Geröllschichten der Schweiz von Gletscherwässern abgesetzt worden seien, und BLANCHET[4]) war der Erste, welcher ganz bestimmt aussprach, dass die Geröllablagerungen und Moränen durch ein und dieselbe Erscheinung verursacht seien. CHARLES MARTINS[5]) äusserte denselben Gedanken. Die mächtigen Schotterterrassen des oberen Rheinthales deutete er als umgelagerten Gletscherschutt, die Gletscherwasser haben diese Umlagerung bewirkt. Im Vereine mit GASTALDI führte CHARLES MARTINS[6]) diese Anschauung später weiter aus. Beide Geologen weisen darauf hin, dass sich vor jedem Gletscher ein Geröllfeld bilde; schreite nun der Gletscher vorwärts, so bedecke er dieses Geröllfeld mit seinen Moränen. Der Moränenablagerung gehe also die Bildung eines Diluviums voraus, und die beiden genannten Autoren erklären das alpine Diluvium für die Anschwemmungen von Gletscherwassern, bestehend aus dem Moränenmateriale. Diese Erklärung wurde von

---

[1]) Note sur les dépots tertiaires et quaternaires du bas Dauphiné. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XX. 1862/63. p. 363 (375).

[2]) A. a. O. Gletschererscheinungen.

[3]) Essai sur les glaciers. 1841. p. 280.

[4]) Terrain erratique alluvien du bassin du Léman. Lausanne 1844. p. 8.

[5]) Sur les formes régulières du terrain de transport des vallées du Rhin. Bull. Soc. géol. de France. t. XIII. 1841/42. p. 322—345.

[6]) Sur les terrains superficiels de la vallée du Pô. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. VII. 1849/50. p. 554.

Digitized by Google

einer namhaften Zahl von Geologen angenommen. HOGARD[1]) freilich, welcher das von Wasser umgelagerte Moränenmaterial immer noch als Grundmoräne bezeichnete, gelangte nicht zu einer klaren Auffassung der Sachlage. Indem er die alten Anschwemmungen auch ausserhalb des Gletschergebietes als Grundmoräne oder erratisches Gebilde bezeichnete, konnte er nicht zu einer scharfen Begrenzung der früheren Gletscherausdehnung und zu einer genauen Kenntniss der einzelnen Phasen der Vereisung kommen. Moränen und Schotter müssen, obwol sie stellenweise in einander zu verfliessen scheinen, obwol sie zeitliche Aequivalente sein können, obwol sie endlich aus demselben Material sich aufbauen, doch stets scharf getrennt werden. Man trennt das Diluvium nicht, „um eine eingebildete Serie von Oberflächenformationen zu ergänzen"[2]), in zwei Etagen, sondern weil es wirklich aus zwei höchst verschiedenen Gliedern aufgebaut wird, und so huldigen denn auch A. und E. FAVRE, ferner die Erforscher der Diluvialgebilde von Lyon, FALSAN und CHANTRE, schliesslich OMBONI und Andere ganz den von MARTINS und GASTALDI entwickelten Anschauungen. FALSAN und CHANTRE nennen sogar die alten Anschwemmungen des Beckens von Lyon, welche häufig konglomeratisch verfestigt sind und dann als poudingue à Bressan bezeichnet werden, kurzweg „alluvions glaciaires", Gletscheranschwemmungen, eine Name, der jedoch insofern unglücklich gewählt ist, als J. DE CHARPENTIER[3]) unter „alluvium glaciaire" die Gebilde verstand, die in Seen und Becken am Rande heutiger Gletscher unter Mitwirkung des Wassers entstehen. Auch LORY[4]) hält neuerlich einen Theil der älteren Anschwemmungen für die Absätze von Gletscherwassern, obwol er sie der Hauptmasse nach noch wie früher als präglacial ansieht.

Es herrschen also zwei ganz entgegengesetzte Anschauungen über die Beziehungen der „alten Anschwemmungen" zu den darüber-

---

[1]) Coup d'oeil sur le terrain erratique des Vosges. Éd. 1851. Recherches sur les formations erratiques. Paris 1858.

[2]) HOGARD, Coup d'oeil. p. 33.

[3]) Essai sur les glaciers. 1841. p. 67.

[4]) Compte rendu des observations faites sur les alluvions anciennes et les dépots glaciaires du Bois de la Bâtie. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. III. 1874/75. p. 723. Vergl. auch Bull. III. S. t. V. 1876/77. p. 468.

Digitized by Google

liegenden Moränen. Nach der einen Ansicht haben sie mit denselben gar nichts zu thun, während nach der andern die alten Anschwemmungen und Moränen der verschiedene Ausdruck ein und desselben Phänomens sind. Nach der ersteren Anschauung bilden sie ein selbstständiges Formationsglied, nach der letzteren sind sie hingegen nur eine Dependenz der Glacialformation und sind als Glacialgebilde zu bezeichnen.

Ebenso schwierig, wie ihre Grenze nun nach oben festzustellen ist, ist aber auch ihre Beziehung zu den älteren Formationen zu ermitteln.

Solange man in den alten Anschwemmungen lediglich ein Glied der Glacialformation erkennt, wird man sie an derselben Stelle in der geologischen Chronologie einordnen wie die letztere selbst. Erachten STOPPANI[1]) und DESOR[2]) die ganze Glacialformation als ein Aequivalent des italienischen Pliocäns, so ist selbstverständlich auch über das pliocäne Alter der alten Anschwemmungen entschieden. Einen etwas abweichenden Standpunkt nimmt jedoch RENEVIER[3]) ein; auch er betrachtet die alten Anschwemmungen zwar als Glacialgebilde; aber er sucht nachzuweisen, dass die Eisentwickelung zur Pliocänzeit begann, im Quartär dagegen endete, und so rechnet er die alten Anschwemmungen, da sie bei dem Herannahen der Vergletscherung gebildet wurden, zum Pliocän, die in ihrem Hangenden auftretenden Moränen dagegen zum Quartär.

Anders gestaltet sich die Frage, wenn man in den alten Anschwemmungen ein selbstständiges Formationsglied erkennt. Auf stratigraphischem Wege ist ihr Alter dann nur äusserst selten zu bestimmen, da sie in den Alpen gewöhnlich nicht mit den obersten Schichten des Tertiärs in Berührung kommen, und ihre Fossilarmuth gestattet keine paläontologische Altersbestimmung. Ihr Alter schwankt zwischen dem ihres Liegenden und Hangenden.

[1]) Il mare glaciale ai piedi delle Alpi. Rivista ital. ag. 1874. Sui rapporti del terreno glaciale col pliocenico nei dintorni di Como. Atti Soc. Ital. Sc. nat. vol. XVIII. II. 1875.

[2]) Le Paysage morainique. 1875.

[3]) Relations du Pliocène et du Glaciaire aux environs de Côme. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. IV. 1875/76. p. 187.

So werden sie von LORY mehrfach als postmiocäne Gebilde bezeichnet, und wie bereits erwähnt, spricht der gelehrte Erforscher des Delphinats einmal aus, sie möchten dort das Aequivalent pliocäner Schichten Italiens sein. In ähnlichem Sinne äusserte sich auch einmal A. FAVRE[1]) über die alten Anschwemmungen von Genf.

Die von JAMES GEIKIE[2]) zuerst angeregten und von STOPPANI und DESOR in Fluss gebrachten Erörterungen über die Beziehung von Eiszeit zum Pliocän haben auch über das Alter der alten Anschwemmungen erwünschtes Licht gebracht. Durch die Untersuchungen von A. FAVRE[3]) und RÜTIMEYER[4]), denen sich neuerlich JAMES GEIKIE[5]), seine frühere Ansicht ausdrücklich verlassend, anschloss, ist evident geworden, dass Eiszeit und Pliocän auf dem Südabfalle der Alpen nichts miteinander zu thun haben. Vor allem aber zeigte sich, wie kürzlich TARAMELLI[6]) erkannte, dass, wo die alten Anschwemmungen in Berührung mit Pliocän kommen, sie scharf von demselben getrennt sind. So sehen wir denn A. FAVRE[7]) von seiner oben referirten Ansicht abgehen und die alten Anschwemmungen wieder dem Quartär zurechnen, wie es auch anders nicht zulässig sein dürfte.

Bei dieser Sachlage gewinnt nun ein Umstand erhöhte Bedeutung, nämlich der, dass an einigen Stellen unter den alten Anschwemmungen Moränen gefunden wurden. Fasst man sie nun als besonderes Formationsglied auf, so kann man schwerlich zu einem andern Schlusse kommen als MORLOT[8]) und HEER[9]), und muss

1) Sur les terrains des environs de Genève. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. III. 1874/75. p. 658.

2) On Climatic Change during the Glacial Epoch. Geolog. Magaz. 1872. IX. p. 258.

3) Note sur les terrains glaciaires et postglaciaires du revers méridional des Alpes. Arch. d. sc. de la bibl. univers. de Genève. 1876.

4) Ueber Pliocen und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen. 1876.

5) Prehistoric Europe. 1881. p. 324.

6) Il canton Ticino meridionale ed i paesi finitimi. Spiegazione de foglio. XXIV. Duf. 1880.

7) Descript. géol. du canton de Genève. 1879.

8) Vergl. Kapitel XVII.

9) Urwelt der Schweiz. 1. u. 2. Aufl. 1864 u. 1879. Vergl. auch Kapitel XVII.

Digitized by Google

sie als interglaciale Ablagerungen deuten, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vereisungen entstanden; aber damit ist ihre Beziehung zum Quartär und Pliocän noch nicht bestimmt, selbst dann kann man sie immer noch als ein Aequivalent des italienischen Pliocäns erachten, indem man auch dieses für interglacial hält, wie es James Glikie[1]) früher that; ist man dagegen geneigt, in den alten Anschwemmungen eine Dependenz der Glacialformation zu erkennen, so wird man in dem angeführten Umstande etwas ganz Natürliches finden und nur eine Bestätigung der Ansicht daraus ableiten, dass die alten Anschwemmungen und die Moränen gleichalterige Gebilde sind. So knüpft sich die hochwichtige Frage, ob eine oder mehrere Glacialzeiten anzunehmen sind, im wesentlichen an die Frage, in welcher Beziehung die alten Anschwemmungen zu den Glacialgebilden stehen.

Ein eingehendes Studium der über diesen Punkt sehr ausgedehnten Literatur führt zu keinem befriedigenden Resultate. Bald finden sich nämlich Thatsachen zu Gunsten der einen Annahme, nämlich der, dass die alten Anschwemmungen ein eigenes, von der Glacialformation wol zu trennendes Formationsglied bilden; bald aber ergeben sich Stützen für die andere Anschauung, welche eine enge Wechselbeziehung zwischen beiden Gebilden vertritt. A.[2]) und E.[3]) Favre haben zuerst auf dies verschiedene Verhalten hingewiesen.

Eine Reihe gewichtiger Thatsachen lehrt, dass die alten Anschwemmungen in keinerlei genetischer Beziehung zu den darüberlagernden Moränen stehen. Sie müssen nämlich vor deren Ablagerung bereits verfestigt gewesen sein, sie zeigen unter denselben eine geschrammte Oberfläche, sie tragen Gletscherschliffe, und Bruchstücke von diluvialer Nagelfluh finden sich als gekritzte Geschiebe in den Moränen. Ein gewisser Zeitraum liegt natur-

---

[1]) On Changes of Climate. Geolog. Mag. IX. 1872. p. 258.

[2]) Sur les terrains des environs de Genève. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. III. 1874/75. p. 656. — Description géologique du canton de Genève. 1879. t. I. p. 89.

[3]) Quelques remarques sur l'origine de l'alluvion ancienne. Arch. d. sc. phys. et nat. de la bibl. univers. 1877. LVIII.

Digitized by Google

gemässerweise zwischen der Ablagerung der Geröllmassen und deren Verfestigung zu einem festen Konglomerate; die Theorie, welche in der diluvialen Nagelfluh die cämentirten Gletscheranschwemmungen erkennt, gibt über diesen Zeitraum nicht Rechenschaft.

So berichtet BLANCHET[1]), dass die alten Anschwemmungen in der Nähe von Nyon am Genfersee oberflächlich geschrammt sind, ROZET[2]) fand auf einem „Gompholith", einer Nagelfluhablagerung, welche er zu den alten Anschwemmungen rechnete, bei Embrun Gletscherschliffe, doch dieser Gompholith gehört nach DESOR[3]) zum Tertiär, und seine geschrammte Oberfläche kann daher nicht auffallen. MORLOT[4]) fand das Diluvium im Kanderdurchstich am Thunersee deutlich geschrammt. GABR. DE MORTILLET[5]) betont, dass im Becken des Sees von Iseo die diluviale Nagelfluh in Form von Rundhöckern auftrete. ZITTEL[6]) endlich erwähnt, dass auf der bayerischen Hochebene bei Schäftlarn der präglaciale, zu Nagelfluh verfestigte Schotter einen Gletscherschliff trage. Von Geschieben diluvialer Nagelfluh gibt zuerst DE MORTILLET[7]) Kunde, er macht darauf aufmerksam, dass dergleichen in den Moränen des Tagliamentogletschers vorhanden sind. SCHILL[8]) konstatirt solche auch in der Bodenseegegend, und

---

1) Terrain erratique alluvien. Lausanne 1844. p. 5.

2) Preuves de l'existence d'anciens glaciers près des villes de Gap et d'Embrun (Hautes-Alpes). Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. IX. 1851/52. p. 424.

3) Note sur les terrains de transport de la vallée de la Durance. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XXVII. 1869/70. p. 35.

4) Gletscherschliff auf Diluvium. Mittheil. d. naturf. Gesellsch. Bern 1855. p. 78.

5) Note géologique sur Palazzolo et le lac d'Iseo en Lombardie. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 888. Carte des anciens glaciers. Atti Soc. ital. di sc. nat. III. 1861. p. 44—81.

6) Gletschererscheinungen etc. Sitzungsber. d. math.-phys. Classe d. Acad. München. 1874. p. 266.

7) Carte des anciens glaciers. Atti Soc. ital. di sc. nat. III. 1861. p. 44 (71).

8) Geolog. Beschreib. d. Umgeb. v. Ueberlingen. Beitr. zur statist. Verw. d. Grossherz. Baden. Heft 8. 1859.

Digitized by Google

ZITTEL[1]) hebt ihr Auftreten auf der bayerischen Hochebene hervor.

Beweist so auf der einen Seite das Vorkommen von Gletscherschliffen auf diluvialer Nagelfluh und das Vorhandensein von Geschieben der letzteren in den Moränen, dass in einigen Fällen ein gewisser Zeitraum zwischen der Bildung beider verstrich, so machen andere Erscheinungen an anderen Stellen eine gleichzeitige Ablagerung beider zweifellos. Es ist besonders ein Profil in der Nähe von Genf, welches in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gelenkt hat. Am Bois de la Bâtie werden die alten Anschwemmungen von Grundmoränen überlagert. Ist auch die Grenze zwischen beiden ziemlich scharf, so zeigt sich doch inmitten des liegenden Schotters eine Bank mit gekritzten Geschieben. Die französische geologische Gesellschaft hat gelegentlich ihrer Versammlung in Genf im Jahre 1875 dieses Profil besucht, und mit klaren Worten führt LORY aus, dass dasselbe eine gleichzeitige Bildung der alten Anschwemmungen (dieser Stelle) und der Moränen beweise. E. FAVRE hat diese Ansicht weiter begründet, und auch A. FAVRE ist ihr beigetreten.[2])

Diese angeführten Thatsachen können nur zu der Anschauung führen, dass unter dem Namen alte Anschwemmungen verschiedene Gebilde zusammengefasst werden, dass es einerseits Ablagerungen gibt, welche unbedingt älter als die letzte Ver-

---

[1]) A. a. O. Gletschererscheinungen. p. 263.

[2]) Literatur über das Bois de la Bâtie: 1844: NECKER, Études. p. 165. 235. — 1867: A. FAVRE, Recherches. t. I. p. 89. — 1875: A. FAVRE, Sur les terrains des environs de Genève. Bull. Soc. géol. III. S. t. III. 1874/75. p. 656. — 1875: LORY, Compte rendu des observations faites sur les alluvions anciennes et les dépôts glaciaires du Bois de la Bâtie. Bull. Soc. géol. III. S. t. III. 1874/75. p. 723. — 1876: TARDY, Un ancien glacier des environs de Genève. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. IV. 1875/76. p. 481. — 1876: ÉBRAY, Étude des terrains du Bois de la Bâtie près Genève. Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. V. 1876/77. p. 115. — 1877: LORY, Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. V. 1876/77. p. 468. — 1877: E. FAVRE, Quelques remarques sur l'origine de l'alluvion ancienne. Arch. d. sc. phys. et nat. de la bibl. univers. 1877. LVIII. — 1880: A. FAVRE, Descript. géol. du canton de Genève. t. I.

Digitized by Google

gletscherung sind, während es andererseits unter ihnen auch echte Glacialschotter gibt. Schon MARTINS und GASTALDI [1]) zerlegen zwar die Schottermassen im Liegenden der Moräne in zwei Glieder, in das „alpine Diluvium" und die „alten Anschwemmungen mit Knochen", welche letztere jedoch zum Pliocän gehören; aber gerade ihr „alpines Diluvium", was genau den „alten Anschwemmungen" anderer Autoren entspricht, zeichnet sich durch sein verschiedenes Verhalten gegenüber den Moränen aus. GABRIEL DE MORTILLET [2]) zerlegte nun den genannten Schotterkomplex zuerst in zwei Abtheilungen, in eine untere präglaciale, welche er als „alluvions anciennes" beschrieb, und eine obere, die er „alpines Diluvium" nannte. „Alluvions anciennes" und „diluvium alpin" bei MARTINS und GASTALDI decken sich also nicht mit den gleichnamigen Gebilden bei DE MORTILLET, und die alluvions anciennes dieses Forschers stellen nur eine Abtheilung der „alluvions anciennes" der schweizer Geologen dar. LORY [3]) bekannte sich jüngst zu der Anschauung, dass die alten Anschwemmungen theils präglacial, theils glacial seien, allein während DE MORTILLET seine „alten Anschwemmungen" für wesentlich verschieden von dem „alpinen Diluvium" hält, scheint LORY der Ansicht zu sein, dass die Ablagerung der glacialen Schichten der alten Anschwemmungen unmittelbar derjenigen der präglacialen folgte. Neuerdings hat sich nun JAMES GEIKIE [4]) der Anschauung von DE MORTILLET angeschlossen, und zerlegt die Schotter unter den Moränen Oberitaliens in zwei wesentlich altersverschiedene Abtheilungen. Die obere hält er für die Anschwemmung der letzten Vergletscherung, die untere führt er jedoch nicht wie DE MORTILLET als präglaciales Gebilde auf, sondern erklärt sie für die Anschwemmung einer

---

[1]) Sur les terrains superficiels de la vallée du Pô. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. VII. 1849/50. p. 554—603. — A. ESCHER VON DER LINTH veröffentlichte eine ähnliche Eintheilung der schweizer Geröllmassen. A. a. O. Ueber die Gegend von Zürich in der letzten Periode der Vorwelt. 1852.

[2]) Carte des anciens glaciers etc. Atti Soc. ital. d. sc. nat. III. 1861. p. 44.

[3]) Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. V. 1876/77. p. 468.

[4]) Prehistoric Europe. 1881. p. 316.

Digitized by Google

früheren Vergletscherung. Er nimmt also zwei verschiedene Vergletscherungen an, von denen eine jede durch ein mächtiges System von Anschwemmungen repräsentirt ist.

Zu einer ähnlichen Anschauung ist man früher schon auf der Nordseite der Alpen gekommen. A. Escher von der Linth[1]) dürfte der Erste gewesen sein, welcher im Kanton Zürich zwei diluviale Geröllbildungen unterschied; die eine hielt er für die Anschwemmung der letzten Vergletscherung; die andere jedoch, als deren Typus er die Nagelfluh des Uetliberges bei Zürich ansah, deutete er als das Gerölle der ersten jener beiden Vergletscherungen, welche durch die Lagerungsverhältnisse der Kohlen von Utznach-Dürnten angezeigt sind. Escher war also der Erste, welcher zwei verschiedene Vergletscherungen nicht nur in ihren Moränen, sondern auch in ihren Anschwemmungen zu unterscheiden suchte, und dadurch gab er einen Weg an, welcher erfolgreich zur Lösung mancher Probleme führt. Ihm folgte in dieser Anschauung zunächst Mösch[2]) und später Mühlberg. Derselbe zeigte, dass im Kanton Aargau die diluviale Nagelfluh alle die Eigenschaften besitzt, welche einer glacialen Geröllbildung zukommen, er fand in ihr unter anderem gekritzte Geschiebe und deutet sie dementsprechend als die Anschwemmung der ersten jener beiden Vergletscherungen, deren Spuren er im Aargau nachwies.[3])

Diese Auseinandersetzungen, welche in beigefügter Tabelle I übersichtlich dargestellt sind, lehren, wie ausserordentlich die Meinungen über die im Liegenden der Moränen auftretenden Schotter auseinandergehen. Die Mehrzahl der Forscher erkennt in denselben einen einheitlichen Komplex, welcher bald als selbstständige, präglaciale Formation, bald als interglaciale, bald als glaciale Bildung gedeutet wird. Wenige Geologen nur zerlegen jenen Komplex in zwei verschiedene Formationen, welche scharf von

---

[1]) Uebersicht der Geologie des Kantons Zürich. 1862. p. 7.

[2]) Beschreibung des Kantons Aargau. 1867. p. 24.

[3]) Die erratischen Bildungen im Aargau. 1869. p. 94. 169. — Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. 1878. p. 31. 67.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

einander zu trennen sind. Stimmen sie zwar darin überein, dass die obere Abtheilung als Dependenz der letzten Vergletscherung aufzufassen ist, so gehen ihre Meinungen betreffs der unteren auseinander, indem dieselbe entweder als präglaciale oder als interglaciale, oder endlich als altglaciale Bildung angesehen wird. Ueberall begegnet man also Meinungsverschiedenheiten. Es hat daher mehr als Lokalwerth, die unter den Moränen Oberbayerns auftretenden Schotterablagerungen genau zu studiren.

Kapitel XXI.

Gliederung der Schotter im Liegenden der Moränen Oberbayerns.

Aeltere diluviale Geröllformation unter den unteren Glacialschottern. Gletscherschliffe auf diluvialer Nagelfluh. Geschiebe diluvialer Nagelfluh. Ueberlagerung unterer Glacialschotter über diluvialer Nagelfluh. Eluviallehm und Löss zwischen beiden. Erosion der diluvialen Nagelfluh vor Ausbreitung der Gletscher. Gegend von Kaufbeuern und Miesbach. Profile von Walchsee und Nassereith. Petrographische Aehnlichkeit der diluvialen Nagelfluh und unteren Glacialschottern in Bezug auf Zusammensetzung und Verkittung. Gerölle mit Eindrücken. Verwitterung und Verkittung. Ausgelaugte Gerölle. Unterscheidung der älteren und jüngeren Geröllformation durch Niveauverhältnisse. Stufe der diluvialen Nagelfluh. Ursache der regelmässigen Verfestigung der älteren Geröllformation. Allgemeine Zweitheilung der alten Anschwemmungen in den Alpen.

In einigen der vorhergehenden Abschnitten sind ausgedehnte Schotterablagerungen geschildert worden, welche in den Thälern der nordtiroler Alpen in erstaunlicher Mächtigkeit, hohe Terrassen bildend, entfaltet sind, welche ferner auf dem nordalpinen Hochlande nicht minder grossartig entwickelt sind. Es wurde zu zeigen versucht, dass diese Schottermassen in bestimmten Beziehungen zu den Moränen stehen. Das grosse Profil von Wasserburg am Inn, sowie andere Entblössungen in den Thälern der Hochebene, ferner die Aufschlüsse im Höttinger Graben bei Innsbruck offenbaren ähnliche Verhältnisse wie das Arveufer am Bois de la Bâtie bei Genf. Es wurde hieraus gefolgert, dass die dortigen Schotter glacialen Ursprungs seien. Ferner wurde die petrographische Zusammensetzung mancher Schotter Oberbayerns untersucht, und aus derselben geschlossen, dass sie während der Gletscherzeit ge-

Digitized by Google

bildet sein müssten. Es wurde also unter den Moränen eine mächtige Ablagerung von glacialen Schottern nachgewiesen, deren Entstehung auf dieselben Vorgänge zurückzuführen gesucht wurde, wie sie MARTINS und GASTALDI für ihre Erklärung der Bildung ihres alpinen Diluvium annehmen, wie sie die beiden FAVRE für die alten Anschwemmungen der Gegend von Genf, wie sie FALSAN und CHANTRE für die Glacialanschwemmungen der Gegend von Lyon supponiren.

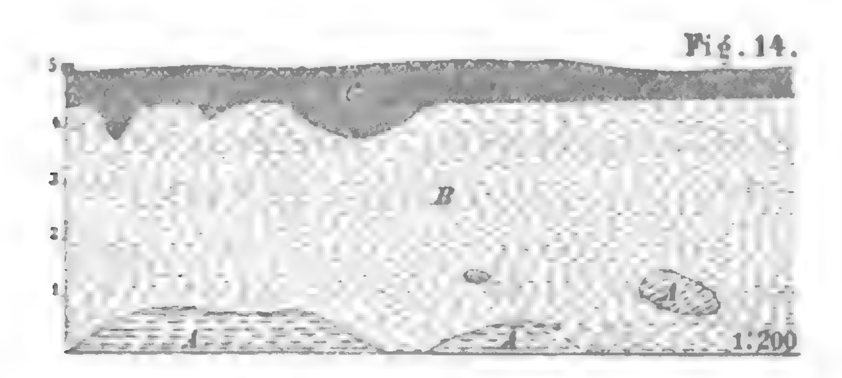
Jene „unteren Glacialschotter“ bilden aber nur den jüngeren Theil der Geröllmassen, welche in Oberbayern unter den Moränen auftreten und bisher als „präglaciale“ Schotter zusammengefasst wurden. Neben ihnen finden sich noch diluviale Schotter, welche unbedingt älter als sie sind. Es lässt sich auf das Bestimmteste erweisen, dass diese letzteren Geröllablagerungen bereits zu einer Nagelfluh cämentirt waren, ehe die unteren Glacialschotter entstanden, ehe die Moränen abgelagert wurden, dass zwischen ihrer Bildung und der nachfolgenden Vergletscherung eine beträchtliche Erosion stattfand.

Es wurde schon die hochwichtige Entdeckung ZITTEL's erwähnt, welche in der Auffindung von Gletscherschliffen auf diluvialer Nagelfluh besteht. Das Vorkommniss von Schäftlarn steht nicht vereinzelt da. Auch an den Ufern des Würmsees, zwischen Starnberg und Mühlthal und bei Tutzing, ferner unweit des kleinen Pilsensees beim Dorfe Widdersberg, sowie an den Ufern des Lechs bei Reichling, und endlich bei Schwabsoien unweit Schongau trägt die diluviale Nagelfluh Gletscherspuren. In allen diesen Fällen zeigt sich, dass die Gerölle mitten durchschnitten und in gleicher Weise wie das Cäment geschliffen sind. Nirgends sind sie ausgebrochen. Es muss also der Schotter bereits vor der Vergletscherung zu einer festen Nagelfluh verfestigt worden sein. Hiermit steht das keineswegs seltene Vorkommen zon Geschieben diluvialer Nagelfluh in den Grundmoränen im Einklang. Es finden sich deren häufig in den Moränen des Isargletschers, besonders bei Hohen Schäftlarn, sowie an den Ufern des Würmsees und vor allem nördlich vom Ammersee. Sie treten ferner unweit Kempten in den Moränen des Illergletschers

Digitized by Google

auf, sowie in den Moränen des Lechgletschers bei Kaufbeuern. Diese Geschiebe sind gerundet, die einzelnen Gerölle sind abgeschliffen und treten nicht sonderlich hervor, Schrammen kreuzen ihre Oberfläche.

Nicht minder deutlich sind die Stellen, welche beweisen, dass jene Ablagerungen, die bislang als präglacialer Schotter zusammengefasst wurden, aus mindestens zwei verschiedenen Gliedern bestehen, einem jüngeren und einem älteren, in welch' ersterem wir die bisher als „unteren Glacialschotter" bezeichneten zu erkennen haben. Am klarsten zeigt diese eine kleine Kiesgrube in der Nähe des Bahnhofes Holzkirchen, 37 km südöstlich München. Hier ragen Klippen diluvialer Nagelfluh in einem jüngeren Schotter auf; sie sind oberflächlich abgewaschen, jedoch

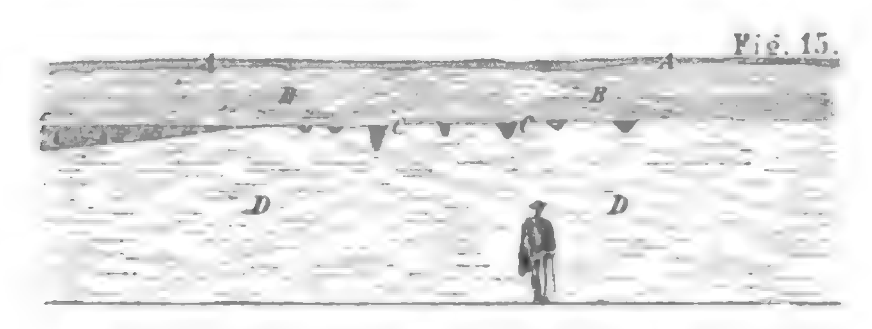


A Klippen und Blöcke von Nagelfluh im Glacialschotter *B*. *C* Eluvium. Kiesgrube östlich Holzkirchen.

derart, dass das Cäment mehr abgenutzt ist als die Gerölle, sodass die letzteren höckerähnlich hervorragen. In der Nähe jener Klippen finden sich grosse Fragmente von Nagelfluh im jüngeren Schotter (vergl. Fig. 14). Letzterer fällt unweit des gedachten Aufschlusses unter die Moränen ein, er ist ein echter unterer Glacialschotter. Auch in der Gegend von München lässt sich deutlich verfolgen, dass dort zwei verschieden alte Geröllablagerungen unter den Moränen des Isargletschers hervortreten. Sie beide bilden die Hochfläche der Umgebung Münchens. Der jüngere Schotter ist gröber und reicher an Urgebirgsgeschieben als der ältere. Der letztere ist häufig stark sandig, in vielen Fällen zu einer Nagelfluh verkittet, er gehört der Stufe der diluvialen Nagelfluh an. Bemerkenswerther Weise führt nur der jüngere

Digitized by Google

Schotter Gerölle diluvialer Nagelfluh. Die Grenze zwischen beiden Geröllablagerungen bietet nun häufig interessante Erscheinungen. Der ältere Schotter zeigt nämlich unter dem jüngeren oft Spuren eingreifender Verwitterung, nicht selten geht er sogar in einen echten Verwitterungslehm, eine Eluvialbildung über, und Zapfen dieses Verwitterungslehmes, stellenweise über 8 m tiefe „geologische Orgeln" bildend, setzen ein Stück wir in ihn hinein. Erst über dieses Verwitterungsprodukt folgt der jüngere Schotter, welcher als „unterer Glacialschotter" aufzufassen ist und der seinerseits gleichfalls einen Verwitterungslehm trägt (Fig. 15). Diese Erscheinungen lehren, dass vor Ablagerung der jüngeren Schotter eine Zeit verstrich, während welcher der ältere sich zu einer Nagelfluh verkittete und oberflächlich verwitterte.



Kiesgrube unweit Giesing bei München.

A Oberes Eluvium. *B* Unterer Glacialschotter. *C* Unteres Eluvium. *D* Stufe der diluvialen Nagelfluh.

An einer Stelle, bei Hellriegelkreut südlich München, sah ich sogar ein 2 m mächtiges Lösslager zwischen beiden Schottern. Dieselben gehören also verschiedenen Bildungsperioden an.

Mannigfach sind auch die Spuren einer Erosion zwischen der Bildung der diluvialen Nagelfluh und der Ausbreitung der Gletscher sowie der damit verbundenen Ablagerung der Glacialschotter. Eine grosse Anzahl von Beispielen diskordanter Auflagerung der Grundmoränen auf diluviale Nagelfluh könnte hier angeführt werden. Allein da es sich zeigte, dass mit der Bildung der Grundmoräne erodirende Processe Hand in Hand gehen und nicht selten Diskordanzen zwischen Grundmoränen und nur wenig älteren Schichten nachweisbar sind, so möge hier von diesen Beispielen abgesehen werden und es soll nur von solchen Fällen berichtet

Digitized by Google

werden, wo zwischen der Ablagerung der in der Regel zu diluvialer Nagelfluh verkitteten Geröllmassen und der Ausdehnung der Gletscher eine intensive Thalbildung stattgefunden hat.

Zwischen Lech und Iller, ungefähr längs der Strasse von Kaufbeuren nach Kempten lagert über dem Tertiär eine mächtige Decke diluvialer Nagelfluh. Zahlreiche, meist parallel mit einander verlaufende Thäler durchschneiden dieselbe und senken sich meist bis zum Tertiär herab (vergl. Fig. 7, Tafel II). Diese Thäler sind also jünger als die diluviale Nagelfluh. Sie sind aber älter als die Ausbreitung der Gletscher. Bei Kaufbeuern und Kempten finden sich in den Thälern des Lechs beziehentlich der Iller Grundmoränen, während die Gehänge dieser Thäler aus diluvialer Nagelfluh bestehen. Es sind also die Gletscher den Thälern gefolgt. Bei Ober-Günzburg und nahe Friesenried bei Salenwang, vor allem aber im Wertachthale bei Kaufbeuern lagern Moränen und glaciale Schotter eingesenkt in Thälern tief unter den Ausstrichen der diluvialen Nagelfluh, und Gerölle derselben finden sich in jenen Schottern. Es hat also hier zwischen Ablagerung der diluvialen Nagelfluh und der Ausbreitung der Gletscher eine beträchtliche Erosion stattgefunden, der die Bildung von über 100 m tiefen Thälern zu danken ist.

Aehnliches erweist sich in der Gegend von Miesbach. Das neu herausgegebene Blatt Wolfrathshausen der topographischen Karte von Bayern im Maassstabe von 1 : 50.000 stellt eine Reihe von Thälchen dar, welche theils von Westen, theils von Süden her sich nach der Vereinigung der Mangfall und Schlierach ziehen. Viele derselben bergen kein Gewässer mehr auf ihrem Grunde. Das von diesen Thälchen durchzogene Plateau besteht aus diluvialer Nagelfluh, welche von steil aufgerichteten Tertiärschichten unterteuft wird. Die Terrassen an den Gehängen jener Thälchen aber bestehen aus Schottern, welche sich bis unter die benachbarten Endmoränen verfolgen lassen und sich dadurch als untere Glacialschotter erweisen. Es hat also auch hier zwischen der Ablagerung der Nagelfluh und Anhäufung der unteren Glacialschotter eine Thalbildung stattgefunden. Bemerkenswerth ist, dass in den unteren Niveaus der letzteren Schotter häufig Bänderthonbildungen auftreten.

Digitized by Google

In den Alpen sind die Vorkommnisse diluvialer Nagelfluh seltener als auf der Hochebene. Aber auch hier muss eine Thalbildung zwischen Ablagerung derselben und der Ausbreitung der Gletscher stattgefunden haben. Dies erhellt am deutlichsten aus einem Vorkommnisse in der Nähe des Walchsees unweit Kufstein. Hier steht am Thalgehänge bis 840 m Höhe eine mächtige Ablagerung diluvialer Nagelfluh an, welche in mehreren Mühlsteinbrüchen aufgeschlossen ist. Tief unter dieser Ablagerung schneidet der *Jenbach* durch Moränen in die Terrasse der unteren Glacialschotter ein, welche zahlreiche grosse Fragmente der erwähnten Nagelfluh führt. Seit Ablagerung der letzteren und vor Bildung der unteren Glacialschotter ist das Innthal bis mindestens zu seiner heutigen Tiefe, ca. 470 m, ausgehöhlt worden, denn bis zum Thalboden setzen sich die Glacialschotter fort. Man findet hier also Spuren einer Thalvertiefung von 370 m zwischen Ablagerung beider diluvialer Gebilde. Aehnliches ergibt sich in der Gegend von Nassereith. Auch hier findet sich die diluviale Nagelfluh, Feigenstein genannt, in höherem Niveau als die Innthalterrasse; zwischen Ablagerung der Nagelfluh und Anhäufung der unteren Glacialschotter fällt also eine sehr bedeutende Erosion. Unweit Partenkirchen endlich an den Gehängen des Loisachthales erhebt sich ein Buckel diluvialer Nagelfluh, welche ganz mit Moränen überkleidet ist, wodurch gleichfalls eine Erosion zwischen Ablagerung beider bewiesen wird.

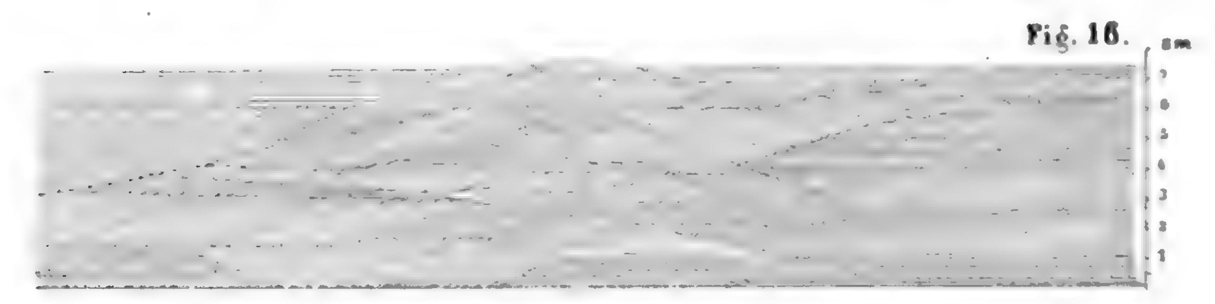
So zeigt sich auf verschiedenem Wege, dass in Oberbayern unter den eigentlichen Moränen mindestens zwei verschiedene Schotterablagerungen auftreten. Die eine, jüngere, erscheint als Vorläufer der letzten Vergletscherung und tritt mit den Moränen mehrfach in Konnex, weswegen wir sie als unteren Glacialschotter bezeichneten. Die andere, ältere, hingegen war bei Eintritt jener Vergletscherung bereits zu einer Nagelfluh verfestigt und oberflächlich in einen zähen rothbraunen Lehm verwittert. Eine tiefgreifende Thalbildung trennt sie von der letzteren. Sie hat zu derselben also keine genetischen Beziehungen.

Trotzdem nun die beiden Geröllformationen so scharf von

Digitized by Google

einander unterschieden sind, trotzdem sie an manchen Stellen sich deutlichst von einander abheben, hält es doch häufig schwer, sie von einander zu trennen, und es gibt Stellen, wo man zweifelhaft sein kann, ob man es mit der älteren oder jüngeren zu thun hat. Denn beide zeigen dieselbe Zusammensetzung und dieselbe Struktur.[1]) Sie beide bestehen aus alpinen Gesteinen, und es lassen sich weder in der Menge noch in der Art der Gerölle namhafte Unterschiede zwischen beiden erkennen. Beide sind horizontal geschichtet, an manchen Stellen freilich erscheint die Schichtung etwas verwischt, dann doch machen sich durch den Wechsel gröberer und feinerer Partien der Aufbau aus horizontalen Lagen geltend. Bisweilen findet sich eine sehr komplicirte diskordante Parallelstruktur, wie sie auf Fig. 16 dargestellt ist. Das Korn beider Schotter ist auch das gleiche. Die Gerölle besitzen im Alpengebiete meist

Fig. 16.



Struktur der diluvialen Nagelfluh. Grosshesselohe bei München.

einen bedeutenderen Durchmesser als auf der Hochebene und nehmen nach Nord an Grösse ab. Jedoch besitzen sie in der Gegend von München immer noch im Mittel 1 dm Durchmesser. Fehlen nun auch niemals feinkörnige, sandige Lagen, so besitzen doch beide Ablagerungen durchwegs den Charakter grober Schotter, wie er noch heute den Anschwemmungen der Flüsse Oberbayerns zukommt. Man hat es daher in beiden Fällen mit ausgezeichneten Strombildungen zu thun, und die horizontale Schichtung der älteren Schotter, welche meist als Nagelfluh vorliegen, im Vereine

[1]) Eine verschiedene Zusammensetzung, wie sie de Mortillet für die „alluvions anciennes“ und das „diluvium alpin“ der Poebene angibt, konnte ich also in Oberbayern nicht erkennen. Vergl. Carte des anciens glaciers.

Digitized by Google

mit der Grösse ihrer Gerölle, lässt den Gedanken nicht aufkommen, dass sie vielleicht in einem See abgelagert sei. Nie werden in stehendem Wasser horizontale Geröllschichten sich bilden können.

Das exakteste Hilfsmittel, diese beiden ähnlichen Ablagerungen zu trennen, lässt nur zu leicht im Stich. Das Vorkommen von Geröllen diluvialer Nagelfluh in den unteren Glacialschottern ist einerseits zu selten, um ein bezeichnendes Kriterium derselben abgeben zu können, andererseits aber in den meisten Fällen nur mit Schwierigkeit zu erweisen, da es durchaus nicht leicht, oft sogar ganz unmöglich ist, von einem Gerölle zu sagen, ob es von diluvialer oder tertiärer Nagelfluh herrührt. Man darf sich ferner nicht vorstellen, dass die Ablagerungen, welche sich stellenweise als diluviale Nagelfluh von den losen Glacialschottern abheben, überall als solche entwickelt sind. Die diluviale Nagelfluh stellt nur feste Partien von Geröllablagerungen dar, welche häufig genug auch als lose Schotter entgegentreten, und andererseits sind hie und da die unteren Glacialschotter auch konglomeratisch verfestigt und erscheinen als eine diluviale Nagelfluh, welche petrographisch mit der der älteren Geröllablagerungen grosse Aehnlichkeit hat.

Das Cäment aller diluvialen Nagelfluhbildungen besteht nämlich meist aus späthigem Kalke, welcher die Räume zwischen den einzelnen Geröllen manchmal völlig einnimmt, oft aber nur theilweise erfüllt. Die diluviale Nagelfluh wurde daher von Mousson [1]) im Gegensatze zur miocänen als löcherige bezeichnet. Keineswegs selten sind aber auch in ihr, wie schon an mehreren Stellen konstatirt worden ist, und wie es für die bayerischen Ablagerungen Gümbel [2]) hervorhebt, Gerölle mit Eindrücken. Dieselben bestehen meist aus Kalkstein, seltener aus mergeligen Gesteinen, jedoch fehlen, so weit ich mich erinnern kann, Eindrücke auf Silikatgesteinen. Auch in den jüngeren Schottern finden sich, falls sie verfestigt sind, kleine Eindrücke auf Geröllen. Dieselben sind häufig in einer cämentirten Bank, welche dicht unter der Oberfläche aufzutreten pflegt, und zwar unmittelbar unter dem braunen Verwitterungslehm, der Eluvialbildung des

[1]) Geolog. Skizze der Umgebung von Baden (Aargau). Zürich 1840.

[2]) Die geognost. Durchforschung Bayerns. 1877. p. 74.

Digitized by Google

Schotters. Aehnliches beobachtete A. FAVRE[1]) bei Genf. Es fehlen hingegen Eindrücke auf Geröllen in unverkitteten Lagen. Ich kann daher nicht glauben, dass jene Eindrücke dadurch entstanden sind, dass das obere Geröll durch einen Strudel auf dem unteren hin und her bewegt wurde und so eine Vertiefung auf demselben ausschliff.[2]) Ich muss vielmehr das ganze Phänomen lediglich als die Folge chemischer Processe ansehen. In sehr lose verfestigten Ablagerungen sieht man, wie um die Berührungsstelle zweier Gerölle sich ein Ring von Kalkspath bildet. Auf dem unteren Gerölle lässt sich dann meist schon ein ganz schwacher Eindruck des oberen erkennen. Je fester nun die Ablagerung verkittet ist, desto tiefer erscheint gedachter Eindruck, desto ausgedehnter der ihm umgebende Kranz des Cämentes. Die Bildung der Eindrücke auf den Geröllen geht somit Hand in Hand mit der Verkittung der Ablagerung, und sie dürfte wesentlich unterstützt werden durch das eigene Gewicht der Ablagerung. Gerade diese Vorkommnisse von Geröllen mit Eindrücken in horizontalen Schichten sind um so wichtiger, als sie lehren, dass es keineswegs nöthig ist, wie LORY[3]) und neuerlich auch ROTHPLETZ[4]) annehmen, die Eindrücke auf jenen Druck zurückzuführen, welcher die Gebirge aufstaute. In Einklang hiermit äussert auch HEIM[5]), dass die Gerölleindrücke in der schweizerischen tertiären Nagelfluh schon gebildet waren, bevor selbige gehoben wurde, und dasselbe gilt von den Eindrücken auf den Geröllen der oberbayerischen Molasse. Auch hier finden sich nämlich solche in vollkommen horizontal liegenden Schichten.

Die Verkittung der Diluvialschotter ist in vielen Fällen abhängig von der Verwitterung derselben. Häufig bemerkt man in ähnlicher Weise, wie A. FAVRE aus der Umgebung Genfs

---

[1]) Description géologique du canton de Genève. 1879. t. I. p. 171.

[2]) Vergl. GÜMBEL: Die geognost. Durchforschung Bayerns. 1877.

[3]) Description géologique du Dauphiné. Paris 1860. p. 419. 420. — Note sur les dépôts tertiaires et quaternaires du bas Dauphiné. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XX. 1862/63. p. 353 (370).

[4]) Ueber mechanische Gesteinsumwandlungen bei Hainichen in Sachsen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 371.

[5]) HEIM, Mechanismus der Gebirgsbildung. 1878. Bd. II. p. 9. 26.

Digitized by Google

berichtet, dass eine Schotterablagerung oberflächlich verwittert ist, das heisst alle Kalkgerölle sind entfernt, und im Verwitterungslehme kommen nur Silikatgerölle vor. Dafür ist nun die nächst tiefere Lage des Schotters der Regel nach verkittet. Augenscheinlich hat sich der in der oberen Lage ausgelaugte Kalk hier wieder gesammelt. Doch dies ist nur ein specieller Fall; denn meist zeigt sich, dass eine Schotterablagerung in höchst unregelmässiger Weise verkittet ist, manche Lagen erscheinen als feste Nagelfluh, andere als loses Geröll, und die durch die ganze Ablagerung zerstreuten ausgelaugten Gerölle (cailloux épuisés) beweisen, dass überall Wasser chemisch wirksam gewesen ist.

Die besten Mittel, die Geröllformationen im Liegenden der Moränen zu trennen, gewähren unstreitig die Niveauverhältnisse, und an der Hand derselben gelingt es ziemlich leicht, beide kartographisch auseinanderzuhalten. Es zeigt sich dann allerdings, dass die ältere Geröllbildung der Regel nach zu Nagelfluh verkittet ist, während die jüngere nur lokal verfestigt ist. Ich stehe daher nicht an, jene ältere Formation als Stufe der diluvialen Nagelfluh zu bezeichnen, weil sie gerade in dieser Form sich am schärfsten als eigene Etage charakterisirt. Allerdings soll damit nicht gesagt werden, dass sie allüberall als solche erscheint, oder dass jeder zur Nagelfluh verkittete Diluvialschotter zu jener Stufe gehört. Ich bezeichne als Stufe der diluvialen Nagelfluh einen geologischen Körper ohne Rücksicht auf die abweichende petrographische Beschaffenheit einzelner Partien.

Der Umstand, dass die älteste Geröllformation im Liegenden der Moränen Südbayerns der Regel nach zu einer Nagelfluh verkittet ist, während die jüngere es nur ausnahmsweise ist, kann nur der Ausdruck von deren verschiedenem Alter sein; und ich möchte denselben nicht mit DE MORTILLET [1]) auf verschiedenen Druck zurückführen, dem sie ausgesetzt gewesen sind; denn die Verfestigung ist lediglich chemischen Wirkungen zu danken. So deuten alle Erscheinungen darauf hin, dass in Oberbayern unter

[1]) Terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XIX. 1861/62. p. 849—907.

Digitized by Google

den Moränen mindestens zwei verschiedene Schotterablagerungen vorhanden sind, zwischen deren Bildung ein langer Zeitraum verstrich. Ich bin nun weit davon entfernt, Ergebnisse von Lokalbeobachtungen verallgemeinern zu wollen und unbedingt anzunehmen, dass dasjenige, was für Oberbayern gilt, auch von andern Alpengebieten behauptet werden darf. Aber eine Sichtung der Literatur drängte ganz dieselben Folgerungen auf wie die Lokalforschung. Dieselben Erscheinungen in Oberbayern wie im Alpengebiete überhaupt. Unter den Moränen bald loser Schotter, welcher von ihnen kaum zu trennen ist, bald ein festes Konglomerat mit geschliffener Oberfläche. Es kann darnach wol nicht in Zweifel gezogen werden, dass die „alten Anschwemmungen" beziehentlich die „präglacialen Schotter" der Alpen aus mindestens zwei wesentlich verschiedenen Gliedern allenthalben aufgebaut werden, und zwar aus einem älteren, welches sich meist als diluviale Nagelfluh darstellt, und einem jüngeren, welches gewöhnlich als loser Schotter erscheint und als Anschwemmung der letzten Vergletscherung zu deuten ist. Zu diesen beiden Schottern gesellt sich in Südbayern nun stellenweise noch ein deutlich unterschiedener dritter, wie ich gelegentlich meiner Untersuchungen für das Königliche Oberamt in München erkannte. Derselbe schaltet sich ein zwischen die Stufe der diluvialen Nagelfluh und die „unteren Glacialschotter", er möge daher als mittlerer liegender Schotter bezeichnet werden. Petrographisch stimmt er mit den eben erwähnten Gebilden überein, aber er scheidet sich scharf von ihnen durch sein geologisches Auftreten und seine Verbreitung, in welchen beiden Eigenschaften er zwischen dem ältesten liegenden Schotter, nämlich der diluvialen Nagelfluh, und dem jüngsten, dem unteren Glacialschotter, genau die Mitte hält.

Digitized by Google

Kapitel XXII.

Ursprung der diluvialen Nagelfluh.

Eigenschaften glacialer Schotter. Verbreitung der diluvialen Nagelfluh. Im Gebirge, auf der Hochebene. Süd- und Nordgrenze der Decke auf der Hochebene. Niveau der Decke. Bildung derselben durch rinnendes Wasser. Hinweis auf ältere Formationen. Mächtigkeit der Decke. Anhäufung der diluvialen Nagelfluh rings um die Alpen. Gesetz über die Erosion und Anhäufung durch rinnendes Wasser. Erklärung der Anhäufung diluvialer Nagelfluh. De Mortillet, Morlot und Lory hierüber. Diluviale Nagelfluh wie ein glacialer Schotter angehäuft. Verschiedenheit in der Entwickelung der diluvialen Nagelfluh und unteren Glacialschotter. Zusammensetzung der diluvialen Nagelfluh. Urgebirgsgerölle zwischen Iller und Lech, zwischen Lech und Isar. Urgebirgsgerölle im Isargebiete erratisch. Die diluviale Nagelfluh führt wie ein Glacialschotter erratische Gerölle. Gekritzte Geschiebe und Grundmoränen in der diluvialen Nagelfluh. Südgrenze derselben auf der Hochebene ungefähre Grenze der ersten Vergletscherung. Zwei verschiedene Vergletscherungen auf der Hochebene, nicht durch Oscillation einer Vergletscherung erzeugt. Diluviale Nagelfluh im Gebirge. Erklärung der Urgebirgsgeröllvertheilung in verschiedenen Horizonten der Decke. Unterschied in der Entwickelung der ersten und zweiten Vergletscherung.

In der „diluvialen Nagelfluh“ Südbayerns lernten wir eine ausgedehnte Geröllablagerung kennen, welche beträchtlich älter als die Schotter der letzten Vergletscherung ist. Es fragt sich nun, ob wir in ihr das erkennen, was wir suchten, nämlich die Anschwemmungen einer älteren Vergletscherung. Es wird zu entscheiden sein, ob ihre Eigenschaften bestimmt darauf hinweisen, dass sie von Gletscherströmen abgelagert wurde. Wir werden sie zu diesem Behufe mit den Schottern der letzten Vergletscherung zu vergleichen haben. Als charakteristische Eigenthümlichkeiten derselben lernten wir vor allem den Umstand kennen, dass sie im Gletschergebiete angehäuft erscheinen, dass aber ausserhalb desselben ihre Mächtigkeit Schritt für Schritt abnimmt. In ihrer Zusammensetzung zeichnen sich die Glacialschotter durch die Führung von erratischem Materiale aus, was allerdings nur da zu konstatiren ist, wo die Gletscher nicht genau den Thälern folgten, sondern sich aus einem Thalgebiete in ein anderes drängten. Schliesslich aber stehen die Glacialschotter hie und da in Konnex mit Moränen und enthalten in deren Nähe gekritzte Geschiebe. In allen diesen Punkten müssen wir die diluviale Nagelfluh studiren; erst wenn sich in allen eine Uebereinstimmung

Digitized by Google

mit den Schottern der letzten Vergletscherung erweisen lässt, werden wir sie auch als eine Glacialanschwemmung betrachten dürfen, und werden uns mit den sich hieraus ergebenden Folgerungen beschäftigen können.

Die diluviale Nagelfluh besitzt in unserem Gebiete eine beträchtliche Entfaltung. Im Gebirge ist ihr Vorkommen zwar ein beschränktes. Es finden sich hier nur wenige Geröllablagerungen, welche älter als die unteren Glacialschotter sind. Diese wenigen Vorkommnisse bilden im Innthale Terrassen, welche sich über das Niveau der Hauptthalterrasse erheben, im Allgemeinen aber erkennen lassen, dass zur Zeit ihrer Bildung das Relief der Gegend bereits gebildet war.

Weit zusammenhängender und grossartiger ist die diluviale Nagelfluh auf dem nordalpinen Vorlande entwickelt. Sie bildet hier eine ausgezeichnete Decke, welche freilich durch spätere Erosion vielfach zerstückelt und in einzelne Parzellen aufgelöst ist. Diese Decke erstreckt sich nicht unmittelbar bis zum Fusse des Gebirges. Ihre Südgrenze verläuft vielmehr in einiger Entfernung von den Alpen, eine gewundene Linie bildend, welche vor dem Austritte eines jeden Alpenthales eine Ausstülpung nach Norden zeigt, wie ich bei meinen Untersuchungen im Auftrage der geologischen Landesuntersuchung von Bayern näher verfolgte. Nur an einer Stelle lagert die diluviale Nagelfluh an dem Abfalle der Alpen. Es geschieht dies in der Gegend von Miesbach.

Nach Norden zu lässt sich die Decke auf eine beträchtliche Entfernung verfolgen. Meine Aufnahmen im Interesse der geologischen Untersuchung Bayerns bestätigten meine Vermuthung, dass sich zwischen Iller und Lech die Decke bis zur Donau erstreckt. Sie bildet hier die oberste Schicht des von zahlreichen Thälern durchfurchten schwäbischen Plateaus und verleiht der Landschaft einen eigenartigen Charakter, indem sie an den Thalgehängen einen Steilabsturz über den sanftabgeböschten unter ihr zu Tage tretenden Tertiärschichten bildet. Weiter im Osten besitzt die Decke eine geringere Ausdehnung nach Norden. Zwischen Lech und Amper erstreckt sie sich nicht ganz bis zu dem Thalzuge, dem die Eisenbahn von München nach Augsburg folgt; weiter nordwärts zieht sie sich an der Isar hin; ihre Verbreitung

Digitized by Google

wird hier ziemlich genau durch den Umfang der schiefen Hochebene von München markirt, und wie sich dieselbe zwischen Freising und Landshut in das Isarthal hineinzieht, so setzt sich die ursprünglich über das Land als Decke gebreitete diluviale Nagelfluh als Thalterrasse ein Stück weit an der Isar fort. Es möge bemerkt werden, dass die Nagelfluh keineswegs als zusammenhängende Ablagerung über die Münchener schiefe Ebene verbreitet ist. Sie erscheint nur an deren Rändern und bildet den Untergrund von deren südlichen Ausläufern. Der Lauf der Isen und weiterhin des Inn bilden weiter ostwärts die Nordgrenze der Decke der diluvialen Nagelfluh.

Diese Decke bildet nun keineswegs eine Ebene, sondern schmiegt sich der allgemeinen Abdachung des Landes an. Ihre höchsten Partien liegen daher auf dem höchsten Theile der bayerischen Hochebene zwischen Iller und Wertach an der Strasse von Kempten nach Kaufbeuern; von hier senkt sie sich theils nach Norden, theils aber nach Osten. Während die erstere Abdachung nach Norden, ungemein regelmässig geschieht, lässt die andere nach Osten gerichtete häufig Unregelmässigkeiten erkennen, welche sich darin äussern, dass manche Partien höher oder tiefer liegen, als nach der allgemeinen Abdachung zu vermuthen ist. Leider fehlen in diesem Theile des Gebietes noch genauere Nivellements, um diese Thatsache eingehender studiren zu können.

Schon Gümbel[1]) folgert aus diesen geschilderten Verschiedenheiten in der Höhenlage der diluvialen Nagelfluh, dass der Absatz derselben „nicht unter alleiniger Vermittlung einer seeartig zwischen Alpen und bayerischem Walde ausgebreiteten Wassermasse stattfand, dass vielmehr in den höheren Verbreitungsgebieten hauptsächlich und vorzüglich die Flüsse thätig waren“. In der That lassen sich die geschilderten Verhältnisse, vor allem aber die petrographische Beschaffenheit der diluvialen Nagelfluh nicht anders erklären, als dass dieselbe eine Strombildung ist.

Ihre deckenförmige Ausbreitung beweist, dass an jedem Punkte, wo sie auftritt, einst Wasser geflossen ist. Aber es dürfte nicht anzunehmen sein, dass dies fliessende Wasser zu

[1]) Alpengebirge. p. 796.

Digitized by Google

gleicher Zeit ebenso ausgebreitet war wie heute seine Ablagerungen. Es ist vielmehr vorzustellen, dass wie heute an dem Fusse steiler Gehänge die Schuttkegel immer nur lokal überrieselt werden, solches auch mit den Schotterablagerungen der bayerischen Hochebene der Fall gewesen ist. Dieselben sind nach und nach von fortwährend das Bett verlegenden Strömen abgelagert worden. Das Auftreten ausgebreiteter Schotter- und Geröllmassen lässt sich nur durch eine successive Bildung erklären. Ihre Verbreitung deutet nicht auf eine zusammenhängende Wasserbedeckung, sondern nur auf fortwährendes Oscilliren einer lokalen Ueberrieselung. Die aus Schottern zusammengesetzte Poebene ist wol am besten geeignet, diesen Satz zu illustriren, und es dürfte sich empfehlen, denselben auch auf die Geröllmassen älterer Formationen anzuwenden, vor allem auf das Rothliegende.

Die Mächtigkeit der diluvialen Nagelfluh ist in den verschiedenen Theilen der Decke schwankend. Im Allgemeinen lässt sich jedoch konstatiren, dass sie am mächtigsten an ihrem gegen die Alpen gekehrten Südrande ist, und dass sie nach Norden zu allmählich an Mächtigkeit verliert. So schwillt sie in ihren südlichsten Ausläufern bis auf 50 m Mächtigkeit an (Peissenberg, Gegend von Kaufbeuern). In Schwaben, wo sie am besten durch zahlreiche Thäler aufgeschlossen ist, ist sie etwa 30 km nördlich von jener Südgrenze nur noch 25—30 m mächtig, an der Donau dann kaum noch 10—15 m.

Es erhellt aus diesen Angaben über die Mächtigkeit der diluvialen Nagelfluh, sowie aus der vorangegangenen Schilderung von deren Verbreitung, dass dieselbe am Fusse der Alpen, jedoch stets in einiger Entfernung vom Gebirge, angehäuft wurde. Ihre Zusammensetzung aus rein alpinem Materiale lässt nun ferner keinen Zweifel darüber, dass sie von aus den Alpen kommenden Gewässern angehäuft wurde, wenngleich allerdings ihr scharf ausgesprochenes Abbrechen nach dem Gebirge hin dieser Annahme entgegenzustehen scheint und besonders erklärt sein will. Sehen wir einstweilen hiervon ab, so erkennen wir in der diluvialen Nagelfluh eine alpine Schotterformation, welche vor den Alpen in bedeutender Mächtigkeit abgelagert worden ist.

Digitized by Google

Ist nun auch bisher im Alpengebiete eine strenge Scheidung zwischen den glacialen Schottern und der Stufe der diluvialen Nagelfluh nirgends durchgeführt, so muss es doch als sehr wahrscheinlich gelten, dass die letztere in den alpinen Vorländern überall in einer entsprechenden Entwickelung vorhanden ist, wie auf der bayerischen Hochebene. Der „ceppo“ Oberitaliens, der „poudingue à Bressan“ der Umgebung von Lyon, die „löcherige Nagelfluh“ der Schweiz verhalten sich in ihrem geologischen Auftreten — soweit es sich eben aus Angaben in der Literatur entnehmen lässt — ganz ebenso wie die diluviale Nagelfluh unseres Gebietes. Sie breiten sich deckenförmig am Fusse des Gebirges aus und sind überall älter als die Glacialgebilde. Die Erscheinungen in Oberbayern bilden daher einen Theil eines grossen, sich überall in den Alpen äussernden Phänomens. Lange vor Eintreten der letzten Vergletscherung wurden allenthalben auf dem Vorlande der Alpen mächtige Schotter angehäuft.

Gegenüber einer so allgemeinen mächtigen Anhäufung von alpinen Schottern im Vorlande des Gebirges drängt sich mit Recht die Frage auf, welche Ursachen dieselbe gehabt haben mag. Ganz bestimmte Gesetze beherrschen ja die Thätigkeit des rinnenden Wassers, dem die Anhäufung jener Geröllmassen zu danken ist. Erosion und Anhäufung äussern sich an verschiedenen, genau bestimmten Stellen. An jedem regulären Gewässer lassen sich drei Abschnitte seiner Thätigkeit konstatiren. In seinem Oberlaufe erodirt es, im Mittellaufe ist es im allgemeinen wirkungslos, im Unterlaufe häuft es Material an. Dies dauert solange, bis ein gewisser Ausgleich erzielt ist zwischen Länge des Wasserlaufes und seinem Gefälle, bis letzteres eine bestimmte Kurve beschreibt. Freilich ist ja nie Stillstand im Laufe der Gewässer, unablässig verlängern sie denselben rückwärts und verändern daher stets die Kurve ihres Gefälles. Dieselbe aber bleibt stets derselben Art und stets beschränkt sich die anhäufende Thätigkeit des Wassers auf seinen Unterlauf. Finden sich nun andere Verhältnisse, häuft z. B. das Gewässer in seinem Oberlaufe Material an, so haben wir auf gewisse störende Einflüsse zu schliessen. Dieselben können zweierlei Natur sein. Sie können durch Niveauveränderungen im Laufe des Gewässers bedingt worden sein, wo-

Digitized by Google

durch dessen regelmässiges Gefälle unterbrochen worden ist, oder sie können durch gewisse meteorologische Eingriffe verursacht sein, dadurch, dass das Gewässer nur periodisch fliesst, oder dadurch, dass sich in gewissen Theilen seines Laufes reichliche Wasserzufuhren einstellen, oder endlich dadurch, dass der Lauf des Gewässers theilweise in das Bereich einer Vergletscherung geräth.

In Gebieten also, welche noch fortwährenden Niveauveränderungen ausgesetzt sind, oder es vor kurzem noch gewesen sind, wird die Thätigkeit des rinnenden Wassers eine sehr unregelmässige sein, Erosions- und Anhäufungsvorgänge werden dicht nebeneinander geschehen. Von diesem Gesichtspunkte ging DE MORTILLET[1]) aus, um die Anhäufung seiner „alten Anschwemmungen" zu erklären, welche ziemlich genau unserer diluvialen Nagelfluh entsprechen. Er sagte: Gegen Ende der Tertiärzeit wurde die Faltung der Alpen abgeschlossen, und nun begann das rinnende Wasser zu wirken, es griff die aufgethürmten Gesteinsmassen an, erodirte sie und häufte ihren Schutt am Fusse des Gebirges auf.

In der That würde eine plötzliche Erhebung der Alpen allein bedingen, dass die ihnen entströmenden Gewässer am Fusse des Gebirges Material anhäufen würden. Es muss jedoch hervorgehoben werden, dass die neueren Untersuchungen über die Gebirgsbildung evident gemacht haben, dass dieselbe nicht in plötzliche Hebungen besteht, sondern in allmählichen Faltungen, welche so langsam vor sich gehen, dass ihnen das fliessende Wasser gewöhnlich rasch entgegenwirken kann. So können wir uns nicht mit DE MORTILLET die Alpen am Schlusse der Tertiärzeit als ein eben zusammengeschobenes Gebirge denken, sondern nehmen an, dass ebenso lange, als sich die Faltung des Gebirges supramarin vollzog, unablässig die Gewässer an dessen Zerstörung arbeiteten. Es ist daher nicht denkbar, dass mit einem Male die Wässer an den Alpen zu nagen begannen, und unwahrscheinlich ist es, dass

[1]) Terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XIX. 1861/62. p. 899. — Carte des anciens glaciers. Atti Soc. ital. Vol. III. 1861. No. 2.

Digitized by Google

sie deshalb während einer Periode besonders viel Schutt auf derem Vorlande anhäuften.

Aus allgemein theoretischen Gesichtspunkten können wir daher nicht mit DE MORTILLET's Ansicht übereinstimmen. Aber auch in Praxis erscheint uns dieselbe nicht haltbar. Wir wissen, dass sich die Alpen bereits zur Zeit der Bildung der diluvialen Nagelfluh längst gehoben hatten, und dass die Thalsysteme bereits in ihren heutigen Zügen vorlagen, wenn auch die einzelnen Thäler nicht in ihrer heutigen Tiefe ausgebildet waren. Solches lehrt der Umstand, dass wir auch in den Thälern des Gebirges Nagelfluhablagerungen finden, solches erhellt aus dem Auftreten der in Bezug zur letzten Vergletscherung präglacialen Breccien. Wir können daher DE MORTILLET's Versuch zur Erklärung der Anhäufung von Massen diluvialer Nagelfluh nicht annehmen.

Einen etwas anderen, jedoch ähnlichen Weg, die Anhäufung der „alten Anschwemmungen“, also des Komplexes von diluvialer Nagelfluh und unteren Glacialschottern zu erklären, schlagen MORLOT sowie LORY in einer seiner neuesten Mittheilungen ein. Sie sind beide überzeugt, dass vor Ablagerung der alten Anschwemmungen die Alpenthäler bereits gebildet waren, und um deren Anhäufung zu erklären, greifen sie nicht auf die Hebung des Gebirges zurück, sondern auf eine allgemeine Niveauveränderung, eine Senkung des Landes. Eine solche Annahme kann in der That in vielen Fällen eine Anhäufung von Schottern erklären; denn taucht ein Wasserlauf unter das Meer, so wird der Gleichgewichtszustand seines Gefälles unterbrochen und sein Unterlauf, wo er Material anhäuft, wird aufwärts verrückt. So meint denn MORLOT[1]), dass durch eine allgemeine Senkung des Landes eine Stauung in den Flüssen bewirkt worden sei, ihre Geschwindigkeit söll sich verringert haben, sie verloren dadurch das Vermögen Gerölle zu transportiren und mussten dieselben anhäufen. Allein eine solche durch Senkung bewirkte Stauung konnte sich immer nur am Unterlaufe der Flüsse äussern, und hat wirklich, wie MORLOT annimmt, auch eine allgemeine Senkung von 200 Fuss zur Diluvial-

[1]) Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. Wien 1847. p. 69.

Digitized by Google

zeit stattgefunden, so konnte sie den Unterlauf der alpinen Ströme höchstens um ebenso viel aufwärts verrücken, also bis auf kaum 400—500 Fuss Meereshöhe. Die Hauptschotteranhäufung fand aber nördlich der Alpen in 1500—1700 Fuss Höhe statt und nimmt an Intensität thalabwärts sichtlich ab, während dieselbe nach MORLOT's Ansicht zunehmen müsste. LORY[1]) hingegen, welcher für die Schotterablagerungen der Alpenthäler die Ansicht DE MORTILLET's theilt, glaubt die Anhäufung derselben im Vorlande der westlichen Alpen durch die Annahme erklären zu können, dass sich die westlichen Alpen derart gesenkt haben, dass das Meer das Rhonethal einnahm und sich weit in die Alpenthäler hinein erstreckte. In den so gebildeten Aestuarien sollen sich die alten Anschwemmungen abgesetzt haben. Aber Spuren von einer so gewaltigen Senkung, wie sie LORY benöthigt, sind nicht nachweisbar, und die diluviale Nagelfluh ist ein Stromgebilde, subaeril und nicht unter allgemeiner Wasserbedeckung entstanden. Zudem würde LORY's Ansicht nur die Anhäufung der diluvialen Nagelfluh in der Gegend von Lyon, nicht aber allgemein in den Alpen erklären.

Will man durch Niveauveränderungen die Anhäufung der diluvialen Nagelfluh erklären, so muss man annehmen, dass dieselben sich um die Alpen herum überall in gleicher Weise und gleicher Intensität geäussert haben; da die diluviale Nagelfluh nicht nur auf dem nordalpinen Vorlande entwickelt ist, sondern sich als „poudingue à Bressan" am Westfusse des Gebirges, als „ceppo" vor dessen Südabfall findet. Die Annahme solcher circumalpiner Bodenschwankungen wäre aber gänzlich aus der Luft gegriffen; denn keinerlei Anzeichen sprechen dafür, dass während der Diluvialzeit die Alpen als Ganzes gegenüber ihrer Umgebung ihr Niveau verändert hätten. Um die Anhäufung der diluvialen Nagelfluh zu erklären, müssen wir daher auf jene zweite Kategorie von Einflüssen zurückgreifen, welche ausser Niveauveränderungen die Wirksamkeit des rinnenden Wassers beeinflussen, und müssen sie als den Ausdruck eines meteorologischen Phänomens ansehen.

[1]) Description géologique du Dauphiné. 1860. p. 635. Siehe auch Bull. Soc. géol. de France. III. S. t. V. 1877. p. 468.

Digitized by Google

Die Verfolgung der Spuren einer letzten Vergletscherung liess uns erkennen, dass eine jede Vergletscherung zur Anhäufung mächtiger Schotter führen muss. Wir lernten also ein meteorologisches Phänomen kennen, welches überall in den Alpen, sowie vor allem um das Gebirge herum die Anhäufung von Schottern verursachte. Könnte nicht auch eine Vergletscherung die Anhäufung von diluvialer Nagelfluh rings um die Alpen bedingt haben?

So legt uns bereits durch die Art ihres Auftretens die diluviale Nagelfluh nahe, dass sie unter Mitwirkung von Gletschern zu Stande gekommen ist. In der That, die diluviale Nagelfluh ist gleich den Glacialschottern, welche wir oben beschrieben, angehäuft, und zwar gleich denselben am mächtigsten in der Nähe der Alpen, und um so minder beträchtlich, als man sich vom Gebirge entfernt. Allein man könnte einwenden, dass die diluviale Nagelfluh in Form einer Decke ausgebreitet ist, während die Glacialschotter nur als breite Strombetten auftreten. Es wurde jedoch bereits bei Schilderung der letzteren auf einen Unterschied in ihrer Entwickelung in Schwaben und in der Gegend von München hingewiesen. Es wurde hervorgehoben, dass sie in Schwaben nur in Thälern auftreten, während sie bei München eine breite Hochfläche bedecken. Als Ursache hierfür wurde der Umstand hingestellt, dass in Schwaben bereits vor Ablagerung der Glacialschotter tiefe Thäler existirten, was bei München nicht der Fall war. Derselbe Umstand dürfte auch die Verschiedenheit in der Ausbreitung der Glacialschotter und der diluvialen Nagelfluh erklären. Vor Ablagerung der ersteren war die Hochebene bereits von tiefen Thälern durchfurcht, während sie vor Anhäufung der letzteren noch eine ununterbrochene Ebene darstellte. Solches wird evident, wenn man die Grenze zwischen der diluvialen Nagelfluh und ihrem Liegenden untersucht; man bemerkt dann, dass dieselbe eine äusserst regelmässige Fläche darstellt, welche nur wenige und sehr sanfte Unebenheiten aufweist.

Wir können also sagen, dass die diluviale Nagelfluh angehäuft ist wie ein glacialer Schotter. Es fragt sich nun weiter, ob sie auch die Zusammensetzung eines solchen besitzt.

Die diluviale Nagelfluh besteht aus alpinem Materiale, und zwar wird sie in der Regel aus Gesteinen der Thalgebiete auf-

Digitized by Google

gebaut, nördlich von welchen sie liegt. So besteht sie nördlich des Innthales aus der bunten Musterkarte von Gesteinen dieses Hauptthales; nördlich des Isarthales sind es Gesteine dieses Thales, welche sie zusammensetzen, und entsprechend verhält es sich nördlich des Iller- und Lechthales. Aber höchst auffällig sind neben diesen Bestandtheilen im Isar-, Lech- und Illergebiete Urgebirgsgerölle, welche der Nagelfluh hier, wenn auch in geringer Anzahl, eingebettet sind, obwol sich nirgends im Isar-, Lech- oder Illerthal anstehende Urgebirgsarten finden. Man sieht z. B. solche Gerölle in den Nagelfluhfelsen oberhalb München, wo sie mir schon bei dem ersten Spaziergange, den ich dahin unternahm, auffielen; man bemerkt sie aber auch bei Kaufbeuern, selbst bei Kempten. Woher stammen diese Urgebirgsgerölle?

Ich habe dieser Frage anhaltend Aufmerksamkeit geschenkt, und sie beschäftigte mich vorzugsweise, als ich im Auftrage der geognostischen Durchforschung Bayerns meine Exkursionen über Gebiete ausdehnen konnte, die ich früher nicht in das Bereich meiner Untersuchungen ziehen konnte. Ich gelangte dabei zu dem Resultate, dass zwischen Lech und Iller nur ein ganz bestimmter Typus von Urgebirgsarten in der Nagelfluh zu finden ist, wie er häufig in den dortigen Tertiärschichten auftritt, weshalb ich annehme, dass jene Urgebirgsgerölle sich mindestens auf tertiärer Lagerstätte befinden und tertiären Schichten entnommen sind. Anders im Isargebiete. Ganz dieselben Urgebirgsgerölle, die in glacialen Schichten auftreten, finden sich hier in der diluvialen Nagelfluh, und zwar sind es vornehmlich Hornblendegesteine aller Art, während zwischen Iller und Lech Gneissarten herrschen. Ferner ist zu konstatiren, dass hier die Tertiärschichten nicht wie zwischen Lech und Iller Urgebirgsarten enthalten, welche das Auftreten von solchen in der diluvialen Nagelfluh erklären könnten. Es müssen daher die Gerölle von krystallinischen Schiefern in den Nagelfluhbänken des Isargebietes einen andern Ursprung haben.

Eine Erscheinung, auf welche mich Herr Professor Zittel zuerst aufmerksam machte, verdient in dieser Beziehung grosse Beachtung. Ich konnte bei meinen diesjährigen für das geognostische Bureau in München ausgeführten Untersuchungen mit Sicherheit an mehreren Stellen nachweisen, dass die Ablagerungen

Digitized by Google

der diluvialen Nagelfluh an ihrer Südgrenze zwischen Lech und Isar in ihren unteren Horizonten keine Urgebirgsgerölle führen, während sie deren in ihren oberen enthalten. Es begann also der Transport der Urgebirgsgerölle im Isargebiete nicht gleichzeitig mit der Ablagerung der diluvialen Nagelfluh, sondern erst später, während zwischen Lech und Iller Urgebirgsgerölle in der diluvialen Nagelfluh auch an ihrem Südsaume in allen Horizonten auftreten, und gleichzeitig mit ihr begannen abgelagert zu werden.

Es liegen also namhafte Unterschiede in der Urgebirgsgeröllführung der Nagelfluhmassen zwischen Iller und Lech und jener zwischen Lech und Isar. Im ersteren Falle stammen sie entschieden aus dem Tertiär, im letzteren ist dies unmöglich, und es bleibt dann nur die Annahme, dass sie direkt aus den Alpen herrühren. Es fragt sich nur, wie sie aus denselben in das Isargebiet geriethen.

Die vielleicht nächstliegende Annahme, nämlich die, dass einst die Centralalpen durch das Isargebiet direkt entwässert wurden und so unmittelbar ihre Gerölle in das letztere verbreiteten, verbietet sich von vornherein; denn wir wissen, dass bereits zur Zeit, als sich die diluviale Nagelfluh bildete, die Konfiguration der Alpen fast genau die heutige war, dass vor allem das Innthal schon tief unter jene Pässe eingeschnitten war, welche vom Isargebiete nach Süden führen. Zudem würde diese Annahme nicht erklären, warum nicht von Anfang an Urgebirgsgerölle mit der Nagelfluh abgelagert worden sind, sondern erst von einer gewissen Zeit an.

Aber vielleicht könnte unter anderen Umständen ein direkter Gesteinstransport aus den Centralalpen durch rinnendes Wasser in das Isargebiet erfolgt sein. Könnte die diluviale Nagelfluh, welche, wie erwähnt, im Innthale in sporadischen Resten vorkommt, nicht vielleicht jenes Thal einst bis zur Höhe der Wasserscheiden gegen die Isar angefüllt haben, sodass die Wasser der Centralalpen direkt in die Kalkalpen fliessen konnten? Unter dieser Annahme würde sich allerdings der erwähnte Umstand, dass in den unteren Horizonten der diluvialen Nagelfluh Urgebirgsgerölle fehlen, leicht erklären lassen. Doch für eine solche Annahme fehlen alle thatsächlichen Grundlagen; die spärlichen Reste diluvialer Nagelfluh erheben sich im Innthale nur höchstens 400 m über den Fluss, und bleiben somit noch 200 m unter dem Seefelder Passe.

Digitized by Google

Die Urgebirgsgerölle in der diluvialen Nagelfluh des Isargebietes können also unmöglich durch rinnendes Wasser über die Kalkalpen gebracht sein; sie erscheinen als erratische Vorkommnisse. Um ihr Vorhandensein zu erklären, müssen wir annehmen, dass einst ein Gletscher vor oder zur Zeit der Bildung der diluvialen Nagelfluh die Kalkalpen überschritten und die Gesteine der Centralalpen im Isargebiete zerstreut hatte, also längst vor der letzten Vergletscherung. Die Breccien von Wallgau haben uns schon zu ganz derselben Vermuthung geführt.

Die diluviale Nagelfluh theilt mit den Schottern der letzten Vergletscherung also nicht bloss die Eigenschaft, dass sie mächtig angehäuft ist, sondern auch die hervorragende Eigenthümlichkeit, dass sie erratisches Material führt, und zwar enthält sie dasselbe genau an den Stellen, wo es auch in den Glacialschottern nachweisbar ist.

Diese Beziehungen hatte ich, wenn auch nicht in obiger Ausführlichkeit, bereits im ersten Jahre meiner Untersuchungen erkannt, und daraufhin die diluviale Nagelfluh als eine Gletscheranschwemmung gedeutet. Falls sie aber eine solche ist, muss sie auch mit Moränen in Konnex stehen und lokal gekritzte Geschiebe führen, so sagte ich mir. Als daher ein Auftrag vom Oberbergamte in München mir die erwünschte Gelegenheit darbot, meine Untersuchungen in Südbayern fortzusetzen, so richtete ich meine Aufmerksamkeit besonders auf diesen Punkt hin. Was vermuthet, hat sich bewahrheitet. Es gelang an mehreren Stellen, freilich meist ausserhalb meines erstjährigen Untersuchungsgebietes, gekritzte Geschiebe in der diluvialen Nagelfluh aufzufinden, und an einer Lokalität entdeckte ich selbst eine Wechsellagerung zwischen diluvialer Nagelfluh und Grundmoränen von ganz derselben Art, wie sie die Glacialschotter mit den Moränen der letzten Vergletscherung erkennen lassen. Und in allen diesen Fällen gelang der stratigraphische Nachweis, dass man es mit Ausläufern der grossen Decke der diluvialen Nagelfluh zu thun hat.

So gewährten mir die im Auftrage der geognostischen Untersuchung Bayerns ausgeführten Exkursionen nicht nur eine Bestätigung meiner früher schon gewonnenen Ansicht über den Ursprung der diluvialen Nagelfluh, sondern bekräftigten mich in

Digitized by Google

dieser Anschauung in wesentlicher Weise: Die diluviale Nagelfluh besitzt alle charakteristischen Eigenthümlichkeiten einer echten Glacialanschwemmung, muss füglich als solche gelten. Unter dieser Annahme erklärt sich nun noch ein Phänomen in ungezwungener Weise, welches allen sonst denkbaren Theorien über die Bildung der diluvialen Nagelfluh ernstliche Schwierigkeiten bereitet, nämlich der Umstand, dass sie gegen die Alpen hin scharf abgebrochen ist und sich nirgends in die Alpenthäler fortsetzt.

Gelegentlich der Schilderung der letzten Vergletscherung haben wir auf einige charakteristische Züge in der Verbreitung der Glacialschotter hingewiesen. Wir fanden dieselben am beträchtlichsten ausserhalb des Gletschergebietes entwickelt, wir verfolgten sie ein Stück weit unter die Moränen als zusammenhängende Ablagerung, um sie dann sich in einzelne stark erodirte Parzellen auflösen zu sehen. Die Schotter der letzten Vergletscherung fehlen fast durchweg im Gebiete der centralen Depressionen, in ihrer Hauptmasse sind sie erst an der Grenze und ausserhalb des alten Gletschergebietes entwickelt, und die Ablagerungen auf der Hochebene setzen sich nirgends unmittelbar in die des Gebirges fort. Sie sind also gegen dasselbe in ähnlicher Weise abgeschnitten wie die Decke der diluvialen Nagelfluh, und die Südgrenze ihrer mächtigen zusammenhängenden Ablagerungen entspricht genau der Grenze der Vergletscherung, welche ihnen Ursprung gab. Uebertragen wir dies Ergebniss auf die diluviale Nagelfluh, so wird uns deren Südgrenze ungefähr die Linie, bis zu welcher sich die sie verursachende Vergletscherung erstreckte.

Es ist besonders ein Umstand, welcher mich in dieser Auffassung bekräftigt. Die Punkte, an welchen die diluviale Nagelfluh gekritzte Geschiebe führt oder mit Grundmoränen wechsellagert, liegen alle genau an der gedachten Südgrenze, nördlich derselben nimmt die diluviale Nagelfluh einen rein fluviatilen Charakter an, und es fehlen alle Andeutungen, dass sich die Vergletscherung, die sie verursachte, darüber ausdehnte.

Der Verlauf der Südgrenze selbst scheint endlich zu Gunsten obiger Annahme zu sprechen. Sie beschreibt nämlich eine Kurve,

Digitized by Google

welche der äusseren Moränengrenze ziemlich parallel läuft, sie zeigt gleich dieser vor den grösseren Alpenthälern Ausbiegungen nach Norden, und wo diese sich dem Gebirge nähert, wie in der Gegend von Miesbach, da schmiegt sie sich den Alpen selbst an. Es würde also ein ausgezeichneter Parallelismus zwischen der jetzigen Moränengrenze und dem Gebiete der Vergletscherung existiren, welche die diluviale Nagelfluh erzeugte, und diese letztere Vergletscherung würde nicht die Ausdehnung der jüngeren erreicht haben.

In der diluvialen Nagelfluh erkennen wir die Anschwemmung einer Vergletscherung; früher erwiesen wir, dass sie weit älter als die letzte Vergletscherung ist, dass sie vor Ankunft derselben bereits verfestigt und von tiefen Thälern durchfurcht war. Wir finden also auf der bayerischen Hochebene zwei sehr verschiedenalterige Glacialschotter, welche wir nur als die Spuren zweier verschiedenalterigen Vergletscherungen ansehen können. Allein es ist mir eingewendet worden, dass diese beiden Vergletscherungen nur der Ausdruck von Schwankungen einer einzigen Vereisung gewesen sein könnten. Es sei denkbar, dass einst die Alpen während langer Dauer bis wenig über den Fuss des Gebirges hinaus vergletschert gewesen seien, während welcher Zeit die diluviale Nagelfluh angehäuft worden sei. Später hätten sich die Gletscher bis zur äusseren Grenze der Moränen ausgedehnt und hier die Schotter abgelagert, die wir als untere Glacialschotter bezeichneten. Ein kleiner Rückgang der Vereisung habe vielleicht unmittelbar vor deren letzten, mächtigen Ausdehnung stattgefunden, und während dieses Rückganges seien die Thäler in die Decke der diluvialen Nagelfluh eingerissen worden, in welchen sich dann die „unteren Glacialschotter“ abgelagert hätten.

Diese Anschauung könnte in der That zur Noth die Verhältnisse auf der Hochebene erklären, wenn man nämlich für die erste Station der Vergletscherung genügend Zeit in Anspruch nimmt, während welcher Oberbayern mit der diluvialen Nagelfluh überschüttet wurde, wenn man ferner die Zeit des kleinen Rückganges lang genug bemisst, um während derselben bis über 100 m tiefe Thäler einreissen zu lassen, wenn man endlich für ihre Maximalentwickelung Zeit genug gewährt, damit sich die „unteren Gla-

Digitized by Google

cialschotter“ auf der Hochebene anhäufen konnten, kurz, wenn man ebensoviel Zeitabschnitte für alle diese Phasen einer Vergletscherung in Rechnung bringt, wie wir für zwei verschiedene Vergletscherungen und die sie trennende Periode brauchen.

Allein, fasst man nicht bloss die Hochebene ins Auge, sondern auch ihr alpines Hinterland, dann ändert sich die Sachlage. Wir sahen in den Alpenthälern die „unteren Glacialschotter“ in gleicher Weise entwickelt wie auf der Hochebene. Wir verfolgten sie von dem äussersten Ende unseres Gebietes als freilich öfter unterbrochene Ablagerung bis über die alten Gletschergrenzen hinaus, überall begegneten wir ihnen in demselben Konnexe mit Moränen, überall zeigte sich, dass sie unmittelbar vor der letzten Vergletscherung durch die Wassermassen derselben angehäuft wurden. Es geben uns die unteren Glacialschotter solchergestalt ein Mittel an die Hand, den Weg der letzten Vergletscherung zu verfolgen. Wie sehen sie bei Nassereith unser Gebiet betreten, sich im Innthale vorwärts erstrecken, die Pässe der Kalkalpen überfluthen und sich auf die Hochebene ergiessen. Hier nun traf diese neue Vergletscherung in der diluvialen Nagelfluh die Spuren einer älteren Vereisung. Letztere musste aus unserem Gebiete ganz geschwunden sein, ehe die neue Vereisung eintrat, denn sonst würden wir desselbe nicht unser Gebiet betreten und durchwandern sehen. Die Spuren einer alten Glacialbildung, welche wir auf der Hochebene unter den Anschwemmungen der letzten Vergletscherung auffanden, lehren eine zweimalige Vergletscherung unseres Gebietes kennen, welche sich in beiden Fällen bis aus den Alpen heraus erstreckten.

Wie wir die letzte Vergletscherung mit Hilfe der Schotter derselben genau verfolgen können, so dürfte es wol auch einst gelingen, der ersten Vereisung unseres Gebietes Schritt für Schritt nachzuspüren. Einstweilen ist dies noch nicht leicht möglich, da wir die Entwickelung der diluvialen Nagelfluh im Gebirge noch nicht genau genug kennen, um uns ein Bild davon machen zu können. Zudem ist es jetzt noch nicht möglich, den strikten Beweis beizubringen, dass die Vorkommnisse jener zu Nagelfluh verkitteten Geröllbildungen, welche älter als die unteren Glacialschotter sind, wie die Ablagerungen von Nassereith und Walchsee,

Digitized by Google

wirklich genau der Decke der Nagelfluh auf der Hochebene entsprechen. Sollte dies jedoch, wie höchst wahrscheinlich ist, der Fall sein, so würden sie uns lehren, dass auch im Gebirge Spuren einer älteren Vergletscherung vorhanden sind, und einen neuen Beweis für die zweimalige Vergletscherung unseres Gebietes liefern.

Es möge nun schliesslich nochmals auf den Umstand zurückgekommen werden, dass am Südsaume der Decke der diluvialen Nagelfluh zwischen Lech und Isar die Urgebirgsgerölle nur in den oberen Horizonten derselben auftreten, beziehungsweise hier weit häufiger sind als in den unteren. Erkennen wir nun in der diluvialen Nagelfluh einen Glacialschotter, so vermögen wir dies Verhältniss leicht zu erklären. Der Mangel von Urgebirgsgeröllen in den unteren Horizonten der Nagelfluh lehrt, dass zur Zeit der Ablagerung dieser Niveaus die Gletscher des Innthales die Kalkalpen noch nicht überschritten hatten. Dass demungeachtet Glacialschotter abgelagert wurden, erklärt sich daraus, dass die Kalkalpen um diese Zeit auch im Isargebiete eigene Gletscher erzeugten, welche später von denen des Innthales überwältigt wurden. Zur ersten Gletscherzeit würde also das Isargebiet bereits grosse Gletscher gehabt haben, ehe der Inngletscher in dasselbe eindrang. Solches war zur letzten Gletscherzeit nicht der Fall; denn die Schotter derselben führen im Isargebiete auch nahe den Alpen von unten bis oben gleichmässig durch sie vertheilte Urgebirgsgerölle. Es besteht somit ein Unterschied in der Entwickelung der ersten und der letzten Vergletscherung im Isargebiete, den ich darauf zurückführen möchte, dass zur Zeit der ersteren es dem Inngletscher noch nicht so leicht gestattet war, in die Kalkalpen einzudringen wie später. Die Pässe der Kalkalpen scheinen während der ersten Vergletscherung nicht so tief gewesen zu sein wie während der letzten, und diese Annahme gibt hinreichend Erklärung dafür, dass Urgebirgsgerölle in der diluvialen Nagelfluh des Isargebietes weit seltener sind als in den unteren Glacialschottern desselben. Es fand eben kein so beträchtlicher Transport von Gesteinen der Centralalpen statt wie später. Ganz im Einklange hiermit steht der Umstand, dass die muthmaassliche Nordgrenze der ersten Vergletscherung im Isargebiete weit beträchtlicher hinter der der letzten zurückbleibt, als es in anderen Gletscherbezirken der Fall ist.

Digitized by Google

Kapitel XXIII.

Die äussere und innere Moränenzone.

Unterschiede der verwaschenen und unverletzten Moränenlandschaft. Erklärungsversuch derselben durch Annahme eines Stillstandes im Gletscherrückzuge. Die Strombetten im Gletschergebiete untere Glacialschotter. Aufschlüsse bei Kaufbeuern. Die Ablagerung der unteren Glacialschotter fällt zwischen Bildung der verwaschenen und unverletzten Moränenlandschaft. Diese beiden gehören zwei verschiedenen Vergletscherungen an. Grenzen derselben. Beide jünger als die Stufe der diluvialen Nagelfluh. Drei Vergletscherungen Südbayerns. Schottersystem der zweiten Vergletscherung. Drei Vergletscherungen aller alpinen Vorländer. Parallelisirung der Ablagerungen auf der Hochebene mit denen des Gebirges. Stellung der interglacialen Breccien und Kohlen. Zwei Horizonte diluvialer Kohlen. Interglaciale Breccien und Kohlen zwischen der ersten und zweiten Vergletscherung gebildet. Drei verschiedene Vergletscherungen. Interglacialzeiten Perioden der Erosion. Ueber den Begriff interglacial. Drei Vergletscherungen der Alpen. Analogien mit Nordeuropa. Lössverbreitung. Schluss.

Das Studium der Moränen auf der bayerischen Hochebene lehrte uns eine merkwürdige, streng gesetzmässige Vertheilung derselben kennen. Wir sahen eine innere Zone, die der centralen Depression, umgürtet von zwei anderen, in welchen mächtige Moränen angehäuft sind. Die äussere derselben zeichnete sich der inneren gegenüber durch Züge höheren Alters aus. Der Typus der Moränenlandschaft ist in ihr verwaschen, das wirre Durcheinander von Hügeln und Vertiefungen ist ausgeglichen, ein regelmässiges Thalsystem durchsetzt das Ganze. Hierzu gesellt sich der sehr beachtenswerthe Umstand, dass diese äusserste Moränenzone mit einem Lösslehm oft fast völlig überkleidet ist. Ihre Zusammensetzung ist daher häufig kaum zu erkennen, und die Moränen sind oft nur künstlich blossgelegt. In der unverwaschenen Moränenzone fehlt hingegen jede Spur eines solchen Lösslehmes; das Moränenmaterial liegt unbedeckt da, und die Endmoränen beherrschen durch ihre Regellosigkeit den Charakter der Landschaft.

Es wurde ferner bereits eines weiteren Umstandes gedacht. Wir sahen, dass breite Schotterbetten sich durch die äussere Moränenzone bis zu der der unverletzten Moränenlandschaft drängen, und wir mussten hieraus folgern, dass die äussere Moränenzone sich passiv gegenüber diesen Anschwemmungen verhalte wie ein Gebilde älterer Zeiten.

Digitized by Google

Alle diese Erscheinungen kannte ich bereits im vorigen Jahre schon, als ich diese Arbeit zu schreiben begann. Ich stand ihnen einigermaassen verlegen gegenüber, da ich wusste, dass sie im höchsten Grade zweideutig sind. Man kann sie ebensogut durch zwei verschiedene Vergletscherungen erklären, wie durch die Annahme einer einzigen. Es erhellt aus ihnen mit Bestimmtheit nur das Eine, dass die äussere Moränenzone weit älter als die innere ist. Folgende Annahme schien mir eine befriedigende Erklärung hierfür zu gewähren. Die Vergletscherung der bayerischen Hochebene, stellte ich mir vor, hat sich anfänglich bis an die äusserste Moränengrenze erstreckt; darauf zog sie sich zurück und blieb während einer langen Zeit auf der Linie stationär, welche die Grenze der unverletzten Moränenlandschaft darstellt. Während dieser langen Zeit sollten sich die charakteristischen Züge des eben verlassenen Gletschergebietes verwischen, und tiefe Strombetten sollten sich in demselben einsenken. Ich glaubte also, dass die Strombetten, welche die verwaschene Moränenlandschaft bis zur Grenze der unverletzten durchsetzen, während einer Station der rückziehenden Vergletscherung gebildet seien. So erklärte sich sehr wol, warum sie in die äussere Moränenzone eingesenkt sind, aber ich hatte nicht berücksichtigt, dass die Schotter jener Strombetten unter die Moränen der unverletzten Moränenlandschaft einfallen und sich weit unter denselben verfolgen lassen. Es erhellt hieraus, dass sie nicht während eines Stillstandes im Rückzuge einer Vergletscherung abgelagert wurden, denn in diesem Falle dürften sie sich gerade nur bis zu den Endmoränen verfolgen lassen, sondern dass sie während des Herannahens einer Vergletscherung gebildet wurden, welche Schritt für Schritt die vor ihr abgelagerten Schotter zudeckte. Die Schotter, welche in die äusserste Moränenzone eingesenkt sind, gehören also nicht zu den oberen Glacialschottern, wie ich früher annahm, sondern sind den unteren zuzurechnen, wie wir auch bereits thaten.

Ueber diese Verhältnisse gewährte mir das Studium der Gegend von Kaufbeuern, mit dem ich nicht unabsichtlich meine Untersuchungen für das Oberbergamt in München begann, hinreichend Aufschluss. Ich hatte dort bereits früher eine grosse

Digitized by Google

Endmoräne aufgefunden, welche das Wertachthal dicht unterhalb der Stadt quert. Dieselbe ist aufgesetzt auf eine mächtige Schotterablagerung, welche unter ihr in der Nähe der Stadt durch die Wertach in fortlaufenden Entblössungen aufgedeckt ist. Nördlich von ihr tritt jene Schotterablagerung als breite Terrasse zu Tage, auf welcher keinerlei Moränenspuren mehr auffindbar sind. Ich erkannte in diesen Schottern daher die unteren Glacialschotter und hielt die Endmoräne von Kaufbeuern für die äusserste Grenze, welche die Vergletscherung hier je erreicht hatte.

Unerklärlich war mir jedoch, dass fast 20 km nördlich jener Endmoräne in einem Eisenbahneinschnitte durch Gümbel[1]) Moränen aufgefunden waren. Zu meinem grössten Erstaunen fand ich nun noch an einer ganzen Reihe von Stellen nördlich der gemuthmaassten äussersten Gletschergrenze Moränenspuren, welche ihrem ganzen Auftreten nach zur Zone der verwaschenen Moränenlandschaft gehören. Sie werden nämlich von Löss bedeckt und bilden keine Moränenlandschaft. Diese Moränenreste treten jedoch stets ausserhalb der breiten Fläche der unteren Glacialschotter auf, welche sich bei Kaufbeuern unter den dortigen Endmoränen hervorheben. Jene Schotter lagern vielmehr in einem Thale, welches in die äusseren, lössbedeckten Moränen einschneidet. Sie sind daher jünger als die letzteren, dagegen älter als die äusserste Endmoräne bei Kaufbeuern, welche den letzten Vorposten der unverletzten Moränenlandschaft darstellen. Wir erkennen also ein Schottersystem, welches jünger als die verwaschene, älter als die unverletzte Moränenlandschaft ist; die Bildung der beiden letzteren geschah also nicht unmittelbar, dazwischen fällt die Anhäufung der unteren Glacialschotter. Früher haben wir nun nachgewiesen, dass die Anhäufung dieser unteren Glacialschotter der letzten Vergletscherung unmittelbar vorausging. Sind nun die Moränen der äussersten Zone älter als die unteren Glacialschotter, so sind sie auch älter als die letzte Vergletscherung, und müssen daher als die Spuren einer früheren Vereisung des Gebietes aufgefasst werden.

---

[1]) Die geognostische Untersuchung Bayerns. Festrede in d. Acad. München. 1877. p. 72.

Digitized by Google

Bei Kaufbeuern erkannte ich zuerst, dass die breiten Strombetten, welche sich in das Gletschergebiet drängen, nicht von den oberen, sondern von den unteren Glacialschottern gebildet werden. Nun kann kein Zweifel mehr darüber herrschen, dass die äussere Moränenzone nicht bloss älter ist, sondern auch einer früheren Vergletscherung angehört als die innere. Die letzte Vergletscherung des Gebietes erstreckte sich selbstverständlich nur bis dahin, wo sich die Anschwemmungen derselben, also die unteren Glacialschotter unter den Moränen hervorheben. Sehen wir nun, dass sich die unteren Glacialschotter ein Stück weit als unbedeckte Schotterflächen in das alte Gletschergebiet erstrecken, so müssen wir hieraus entnehmen, dass die letzte Vergletscherung nicht bis zur äussersten Grenze der erratischen Erscheinungen vordrang, und dass diese letzteren älter sind als die jüngste Vergletscherung, und eine besondere Vereisung beweisen.

Die letzte Vereisung Oberbayerns traf also nicht bloss Spuren einer früheren Vergletscherung in Gestalt von Anschwemmungen, nämlich der diluvialen Nagelfluh, sondern fand auch Moränen einer früheren Vergletscherung vor. Es fragt sich nun, ob Anschwemmungen und Moränen der früheren Vergletscherungen einander entsprechen, ob sie also das Werk ein und derselben Vergletscherung sind, wie Mühlberg in Aargau annimmt. Solches ist in Südbayern nicht der Fall. Die Moränen der äusseren Moränenzone sind gleich der der inneren unbedingt jünger als die Stufe der diluvialen Nagelfluh. Es erhellt dies nicht nur aus dem Umstande, dass sie beide in Thälern abgelagert sind, welche in die Nagelfluh sehr tief einschneiden, sondern dass sie beide Gerölle derselben in sich eingebettet enthalten. Wir lernen also ausser der Vereisung des Gebietes, welche die diluviale Nagelfluh erzeugte, noch zwei andere kennen, konstatiren also im ganzen drei verschiedene Vergletscherungen der bayerischen Hochebene.

Als muthmaassliche Grenze der ersten lernten wir den Südrand der ausgedehnten Decke diluvialer Nagelfluh kennen, welche die Hochebene trägt; die Grenze der zweiten Vereisung wird durch die äussersten Moränenvorposten des Gebietes, die der dritten durch die äussersten zusammenhängenden Endmoränen markirt. Diese letzteren verlaufen nun in verschiedener Breite südlich der äusseren

Digitized by Google

Moränenreste, und geben sich als das Werk einer weniger ausgedehnten Vergletscherung als jene zu erkennen, deren Ausdehnung wir früher geschildert haben. Die beifolgende Karte zeigt, dass sich Rhein- und Illergletscher während der letzten Vergletscherung nicht auf der Hochebene getroffen haben, wenigstens sind nördlich des Hügellandes westlich Kempten nur Ablagerungen der verwaschenen Moränenlandschaft zu erkennen, und von Osten und Westen legen sich die Endmoränen an jenes Hügelland an, welches solchergestalt zu einer scharfen Scheide zwischen Rhein- und Illergletscher wird. Lech-, Isar- und Inngletscher blieben um 20 km im Mittel hinter ihrer früheren Entwickelung zurück, und der Gletscher des Schlierseethales, welcher sich früher bis in die Gegend von Miesbach auf der Hochebene verbreitet hatte, trat gar nicht aus den Alpen heraus. Die letzte Vergletscherung erreichte also nicht die Ausdehnung der zweiten, aber sie war immerhin noch bedeutender als die erste, deren wahrscheinliche Nordgrenze im Mittel 15 bis 20 km südlich von der ihrigen verläuft. Wir unterscheiden also in unserem Gebiete zwischen Iller und Inn drei verschieden starke Vergletscherungen des alpinen Vorlandes.

Eine jede Vergletscherung erzeugt mächtige Schotterablagerungen. In den „unteren Glacialschottern“ lernten wir die Anschwemmungen der letzten Vergletscherung kennen, in der diluvialen Nagelfluh die der ersten, es fragt sich, ob auch solche der zweiten vorhanden sind. Diese fehlen nicht. Während meiner Aufnahmen für die geologische Untersuchung Bayerns lernte ich, wie schon p. 291 erwähnt, unter den Moränen Oberbayerns ausser der Stufe der diluvialen Nagelfluh und den „unteren Glacialschottern“ noch ein d r i t t e s Schottersystem kennen und konnte dessen Verbreitung genau verfolgen. Dasselbe ist jünger als die Stufe der diluvialen Nagelfluh, denn es liegt in Thälern, welche in letztere einschneiden; es ist aber auch älter als die unteren Glacialschotter, denn diese wiederum sind in das fragliche System eingesenkt. An der Moränengrenze sind ihm die Moränen der äusseren Zone in grosser Regelmässigkeit aufgelagert. Es weisen diese Thatsachen darauf hin, dass dieses Schottersystem die Anschwemmung der zweiten Vergletscherung ist. In der That spricht

Digitized by Google

seine petrographische Beschaffenheit dafür, dass es eine fluvioglaciale Bildung ist. Es enthält nämlich nicht bloss erratische Gesteine, sondern auch gekritzte Geschiebe. Es ist daher durch seine Zusammensetzung kaum von den übrigen Geröllablagerungen zu trennen. Es zeichnet sich vor denselben durch sein Niveau aus, es verflacht sich nicht so rasch wie die unteren Glacialschotter in die Thalsohle, sondern zieht sich in nunmehr theilweise ausser Funktion gesetzten Thälern Schwabens in Terrassen bis zur Donau, während die Nagelfluhstufe hier eine durch jene Thäler unterbrochene Decke bildet. Aehnlich ist sein Auftreten am Inn. Im Isargebiete hingegen konnte ich dieses Schottersystem noch nicht von den übrigen trennen; hier sind die Terrainverhältnisse nicht so günstig wie in Schwaben.

Die grossen Analogien, welche die diluviale Nagelfluh Südbayerns mit der löcherigen Nagelfluh der Schweiz, mit dem „poudingue à Bressan“ der Gegend von Lyon und endlich mit dem „ceppo“ Oberitaliens besitzt, lässt uns muthmaassen, dass jene Gebilde ihr genau entsprechen, weswegen wir auch in ihnen die Spuren einer ersten Vergletscherung der alpinen Vorländer erkennen möchten. In der That wurden die löcherige Nagelfluh, wie schon erwähnt, von Escher von der Linth und Mühlberg der „ceppo“ bereits von James Geikie für die Anschwemmung einer ersten Vergletscherung angesprochen.

Jener Komplex von Erscheinungen ferner, welcher eine dritte Vergletscherung Oberbayerns beweist, kehrt rings um die Alpen wieder, und so haben wir anzunehmen, dass jene dritte Vergletscherung sich auch allgemein auf dem alpinen Vorlande geäussert habe. In der That, die Unterscheidung einer äusseren und inneren Moränenzone gelang im benachbarten Württemberg, und im Anschluss hieran in der Schweiz, sie wurde von Taramelli in Oberitalien durchgeführt, und in allen diesen Fällen führte sie zur Annahme zweier Vergletscherungen, ohne dass dieselbe jedoch so bewiesen werden konnte, wie wir es in Oberbayern versuchten.

So kehren denn rings um die Alpen jene Erscheinungen wieder, welche uns in Oberbayern zwangen, drei verschiedene Vereisungen des alpinen Vorlandes anzunehmen, und es liegt daher

Digitized by Google

nahe, zu sagen, dass jene drei Vergletscherungen das ganze Alpengebiet betroffen haben und nicht bloss Lokalerscheinungen sind.

Wir haben jetzt auf dem nordalpinen Vorlande eine genaue Chronologie der Glacialzeit gewonnen. Es liegt die Ursache hierfür sehr nahe. Die alpinen Eisströme wirkten vor dem Gebirge anhäufend. Sie lagerten hier ihre Geröllmassen und Moränen ab, eines über das andere, und so sehen wir die Spuren der verschiedenen Vergletscherungen nahe bei einander aufbewahrt. Anders im Gebirge, wo vielfach erodirende Processe, zum Theil durch die Gletscher selbst thätig waren, wo sich die Wirkungen des Eises auf verschiedene Thäler vertheilen, und hier lokale Ablagerungen erzeugten, welche nicht so zusammenhängend sind als die der Hochebene, darum viel schwieriger zu parallelisiren sind. Es bieten daher die peripherischen Theile der alten Gletscherbezirke immer einen leichten Ausgangspunkt, um eine Uebersicht über ihre Geschichte zu erhalten, um endlich Licht über einzelne centralgelegene Vorkommnisse zu gewinnen.

Andererseits besitzen aber auch die Phänomene, wie sie die centrale Partie der Vergletscherung, nämlich das Gebirge darbietet, wesentlichen Werth für Beurtheilung der peripherisch auftretenden. Es liegt nahe, diese letzteren gewöhnlich auch nur als peripherische Erscheinungen aufzufassen, und die Spuren verschiedener Vergletscherungen, welche man hier nachweist, nur als randliche Oscillationen ein und derselben Eisbedeckung aufzufassen. Die Peripherie des Gletschergebietes lehrt uns, bis wohin sich die einzelnen Vereisungen erstreckten, das Centrum dagegen bis wohin sie sich zurückzogen. Es heisst daher die an der Peripherie des Gletscherbezirkes gewonnenen Ergebnisse zu kombiniren mit den im Centrum derselben erzielten, wenn man eine Chronologie für das Ganze aufstellen will.

Es würde sehr leicht sein, die Glacialpähnomene der Hochebene in völlige Parallele mit denen des Gebirges zu bringen, wenn es gestattet wäre, sie unmittelbar in dasselbe zu verfolgen. Wäre es z. B. möglich, den drei verschiedenen Schottersystemen, welche wir in Oberbayern unterschieden und als die Anschwemmungen dreier verschiedener Vergletscherungen deuteten, bis zum Centrum der Vergletscherung ununterbrochen nachzugehen, so

Digitized by Google

würde nicht der geringste Zweifel darüber herrschen können, dass drei verschiedene Vergletscherungen sich von den höchsten Punkten der Centralalpen über unser Gebiet verbreitet hätten. So aber liegen die Sachen anders. Schon auf der Hochebene ist es im Moränengebiete oft schwierig, die einzelnen Schottersysteme zu trennen, und einem so ausgezeichneten Beobachter wie Gümbel entging nicht, „dass jene Geröllmassen der Hochebene in den meisten Fällen nicht in die Alpenthäler, welche bei den jetzigen Terrainverhältnissen doch nur als eine unmittelbare Verzweigung der Ebene in das Hochgebirge angesehen werden müssen, hinein fortsetzen".[1] Allerdings begegnet man im Gebirge wieder mächtigen Geröllablagerungen, und es gelingt bisweilen, wie im Innthale, mehrere alterverschiedene Gruppen darinnen nachzuweisen, allein es fragt sich dann stets noch, ob dieselben den Ablagerungen der Hochebene entsprechen. Es ist zwar im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Mühlstein liefernden Nagelfluhschichten von Walchsee und Nassereith der Stufe der diluvialen Nagelfluh entsprechen, wie sie auf der Hochebene entwickelt ist; aber von anderen isolirten Vorkommnissen, wie z. B. oberhalb des Dorfes Leutasch nach dem Gaisthale zu am Seefelder Passe, wie ferner bei Partenkirchen an der Loisach, wie schliesslich am Biberhügel bei Brannenburg, kann man ohne weiteres nicht sagen, wohin sie gehören, und von manchen, wie von der Bibernagelfluh bei Brannenburg, muss als wahrscheinlich gelten, wie noch gezeigt werden soll, dass sie Formationsglieder darstellen, die wir auf der Hochebene vermissen. So hat es seine grossen Schwierigkeiten, die Schottersysteme des Gebirges in Beziehung zu denen der Hochebene zu bringen, und wir müssen froh sein, dass uns wenigstens bei einer Ablagerung gelungen ist, sie sowol im Gebirge als auch auf der Hochebene wiederzuerkennen. Die unteren Glacialschotter, von denen wir nachwiesen, dass sie Anschwemmungen der letzten Vergletscherung sind, fanden wir im Innthale und auf dem alpinen Vorlande mit denselben Charakteren entwickelt, sie zeigen uns, dass eine Vergletscherung unser Gebiet betrat, sich in demselben ausbreitete und dann auf der Hochebene die Spuren zweier verschiedenen früheren Ver-

[1]) Alpengebirge. p. 800.

Digitized by Google

gletscherung traf. Dieselben müssen also beide vor ihrem Eintreten sich völlig zurückgezogen haben, und so können wir wenigstens mit Sicherheit nachweisen, dass die letzte Vergletscherung der Hochebene einer völlig neuen Eisentwickelung in den Alpen ihren Ursprung verdankt. Sie kann also nicht zusammen mit den beiden ersten Vergletscherungen der Hochebene durch Annahme einer blossen Oscillation einer einzigen Vereisung erklärt werden. Dagegen können wir nicht unmittelbar beweisen, dass auch die erste und zweite Vergletscherung der Hochebene zwei verschiedenen Vereisungen des ganzen Gebietes ihren Ursprung verdanken, wir können die Schotterablagerungen derselben im Gebirge nicht wiedererkennen, um so ihre Entwickelung zu verfolgen. Man könnte daher vielleicht diese beiden Vergletscherungen auf Oscillationen einer einzigen früheren zurückzuführen geneigt sein. Allerdings müsste zugestanden werden, dass diese Oscillation von sehr beträchtlicher Dauer war.

So beweisen die Verhältnisse auf der Hochebene und die Entwickelung der unteren Glacialschotter auf das Bestimmteste zwei verschiedene Vergletscherungen unseres ganzen Gebietes, und machen eine dritte Vereisung desselben höchst wahrscheinlich. In Anbetracht dieses Ergebnisses drängt es sich uns auf, jene Stellen, welche eine zweimalige Vereisung des Gebirges erweisen, einer erneuten Prüfung zu unterwerfen, einerseits um zu erfahren, ob sie wirklich gleichalterig sind, andererseits um die Beziehungen derselben zu den drei Vergletscherungen der Hochebene kennen zu lernen.

Betreffs der interglacialen Breccien lässt sich in der That eine solche Beziehung gewinnen. So bestimmt wir in der Gegend von Innsbruck erweisen konnten, dass sie in der Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vergletscherungen entstanden, so konnten wir doch wiederum erkennen, dass sie längst vor Eintritt der letzten Vergletscherung fertig gebildet waren. Wir konstatirten zwischen der Höttinger Breccie und den unteren Glacialschottern die Zwischenbildung des Höttinger Schuttes. Wir finden also zwei scharf geschiedene interglaciale Bildungen, von welchen die untere bereits längst vor der oberen fertig gebildet war. Weiter aber machte sich wahrscheinlich, dass während der langen Zeit,

Digitized by Google

welche die Ablagerung beider Interglacialschichten trennt, ein Geschiebetransport im Innthale, muthmaasslich eine Vergletscherung, stattgefunden habe. Der merkwürdige Umstand, dass die interglacialen Schichten des Innthales so scharf von einander geschieden sind, dass sie zwei verschiedenen Bildungszeiten angehören, erklärt sich sehr leicht durch die Annahme, dass sie nicht ein und derselben Interglacialzeit, sondern zwei verschiedenen angehören. Die Gegend von Innsbruck liess uns vermuthen, dass hier drei Vergletscherungen stattgefunden haben (siehe p. 241). Sollte es nun gestattet sein, diese drei Vergletscherungen jenen gleich zu stellen, welche wir auf der Hochebene nachwiesen, so würde die Ablagerung der alten Breccien in den Kalkalpen in die Zeit zwischen der ersten und zweiten Vergletscherung der Hochebene zu verlegen sein, und sie würden uns beweisen, dass dieselben der Ausdruck von zwei verschiedenen Vereisungen des ganzen Gebietes sind. Wir hätten demnach im ganzen drei verschiedene Vergletscherungen der Alpen und ihres Vorlandes anzunehmen, in der ersten Zwischenzeit würden sich im Gebirge die interglacialen Breccien abgelagert haben, während die zweite durch den Höttinger Schutt repräsentirt wird.

Noch weniger deutlich sind hingegen die Beziehungen der interglacialen Schieferkohlen des Algäu zu den Ereignissen auf der Hochebene zu erkennen. Es lässt sich mit Bestimmtheit nur sagen, dass sie zwischen der letzten und einer früheren Vergletscherung gebildet wurden, und da wir im ganzen drei Vereisungen unseres Gebietes anzunehmen uns berechtigt fühlen, so können wir schwanken, ob wir diese Vorkommnisse der ersten oder zweiten Interglacialzeit zuweisen sollen. Für wahrscheinlich möchte ich jedoch halten, dass sie Produkte der ersten Interglacialzeit sind. Folgende Ueberlegung führt mich zu dieser Annahme.

Wir sehen, dass sowol im Innthale als auch auf der Hochebene eine jede Interglacialzeit durch eine Thalbildung ausgezeichnet ist. Die Gegend von Innsbruck lehrt, dass nach Ablagerung der Höttinger Breccie sich das Innthal vertiefte, bevor der Höttinger Schutt abgelagert wurde, denn dieser zieht sich in ein tieferes Niveau herab als die erstere. Nach Ablagerung des Höttinger Schuttes und vor Eintritt der letzten Vergletscherung

Digitized by Google

hatte sich das Innthal weiter, bis zu seiner heutigen Tiefe mindestens, eingesenkt. Auf der Hochebene wird nach der ersten Vergletscherung die Decke der diluvialen Nagelfluh von Thälern durchfurcht, welche bereits beim Eintritte der zweiten Vergletscherung vorhanden sind. Nach dem Rückzuge dieser letzteren werden die Thäler weiter vertieft, und als zum letzten Male die Gletscher sich in Oberbayern verbreiteten, dehnten sie sich in Thälern aus, welche in die Moränen und Schotter der zweiten Vergletscherung eingerissen waren. Jede Interglacialzeit wird charakterisirt durch eine Epoche der Thalbildung; jede Vergletscherung dagegen eingeleitet durch eine Aufschüttung der Thalböden mit glacialen Schottern. Beide Faktoren arbeiten sich entgegen, und man kann leicht erkennen, dass die Thalbildung unbedingt vor der Thalauffüllung vorwiegt. So wird bedingt, dass auf der Hochebene die Schotter der drei verschiedenen Vergletscherungen in verschiedenen Niveaus auftreten, und zwar die älteren in den höchsten, die jüngeren in den tieferen. Im Gebirge scheint es ähnlich zu sein; die Vorkommnisse wenigstens, welche ich im Innthale für Aequivalente der Stufe der diluvialen Nagelfluh halten möchte, lagern in grösserer Höhe als die Terrasse der glacialen Schotter.

Die diluvialen Kohlen des Algäu nun lagern in sehr bedeutender Höhe über dem heutigen Thalgrunde. Sie gehören der obersten Terrasse des Illerthales an, über dessen Sohle sie sich um 200 m erheben (vergl. Fig. 12 p. 256). Sie bildeten sich zu einer Zeit, als der Boden des Illerthales noch 200 m höher lag als heute. Unter ihnen liegt nun eine zweite Terrasse, welche nur 100 m über dem heutigen Thalboden liegt und andeutet, dass die Thalsohle einst in dieser Höhe lag. Wir haben also die Spuren zweier verschieden alter Thalboden, von welchen der höhere, ältere die diluvialen Kohlen trägt. Will man nun annehmen, dass während jeder Interglacialzeit das Thal um eine Stufe vertieft wurde, so würde nach der ersten Gletscherzeit die oberste Terrasse erodirt worden sein, nach der zweiten die untere bis zum heutigen Thalgrunde. Nach der letzten Vergletscherung hat die Vertiefung des Illerthales keine Fortschritte gemacht, man sieht vielmehr, wie der Fluss den Thalgrund fortwährend erhöht.

Die Ablagerung der diluvialen Kohlen würde unter dieser

Digitized by Google

Annahme in die Zeit unmittelbar nach der ersten Vergletscherung fallen, als der Boden des Illerthales noch 200 m höher lag als heute, und als die Thalvertiefung der Interglacialzeit noch nicht begonnen hatte. Sie würden am Beginne der ersten Interglacialzeit gebildet worden sein und derselben Bildungsperiode angehören wie die alten Breccien.

Ich bin weit entfernt, obigen Erwägungen den Charakter eines Beweises aufzudrücken, und das, was ich hier als Vermuthung ausspreche, für unanfechtbar zu halten. Es schien mir nur räthlich, wenigstens zu versuchen, den Schieferkohlen einen Platz in der letzten Periode der Alpengeschichte anzuweisen und die Gründe hierfür darzulegen. Jedenfalls möchte ich auch jetzt noch die Schieferkohlen des Algäu für gleichalterig mit denen der Schweiz, mit den Vorkommnissen von Utznach, Dürnten, Wetzikon und Mörschweil halten. Ich habe zwar die Lagerungsverhältnisse derselben nicht studirt, möchte aber nochmals hervorheben, dass auch sie hoch über der heutigen Thalsohle liegen. Die Kohlen von Mörschweil lagern bei 200 m über dem Spiegel des Bodensees, und nach einem alten Profile Escher's zu urtheilen, finden sich die Kohlen der Gegend von Zürich hoch über dem Spiegel des Wallenstädter und Züricher Sees. Jene Kohlen müssen also auch zu einer Zeit entstanden sein, als die Thäler noch nicht bis zu ihrer heutigen Tiefe eingerissen waren. Dagegen entsprechen schwerlich die diluvialen Kohlen von Grossweil am Kochelsee nebst den gleichalterigen Vorkommnissen von Wasserburg am Inn und Innsbruck denen der algäuer Alpen und der Nordschweiz, was K. Haushofer[1]) für das Vorkommniss von Grossweil annimmt. Während nämlich die algäuer und schweizer Schieferkohlen hoch über den jetzigen Thalzügen liegen, erheben sich die übrigen Ablagerungen kaum über die heutigen Thalsohlen. Sie bildeten sich vor Eintritt der letzten Vergletscherung, also gegen Schluss der letzten Interglacialzeit, als die Thäler bereits ihre heutige Tiefe erreicht hatten, die algäuer und schweizer Kohlen dagegen entstanden, als die Thäler ihre Böden hoch über den heutigen hatten, vermuthlich am Be-

1) Skizze der geologischen Verhältnisse von München und seiner Umgebung. München in naturwiss. u. medic. Beziehung. 1877.

Digitized by Google

ginne der ersten Interglacialzeit. So haben wir denn in den Alpen nicht bloss einen Horizont diluvialer Kohlen, es gibt deren zwei, welche sich durch ihre verschiedene Lage in Beziehung zu den heutigen Thalböden auszeichnen, und welche wahrscheinlich zwei verschiedenen Bildungsperioden, zwei verschiedenen Interglacialzeiten angehören.

Indem wir die interglacialen Bildungen des Gebirges einer neuen Prüfung unterwarfen, blieb uns als das Wahrscheinlichste, dass sie ein und derselben Bildungsperiode angehören, wie wir früher annahmen; und indem wir uns berechtigt sehen, ihre Entstehungszeit zwischen die beiden ersten Vergletscherungen zu verlegen, welche die Hochebene heimsuchten, haben wir den Schlussstein in die Argumentation gelegt, welche uns zwingt, drei verschiedene Vereisungen unseres gesammten Gebietes anzunehmen. Wir erkannten auf der Hochebene die Spuren dreier verschiedener Vergletscherungen, und wir gewannen Anhaltspunkte dafür, dass die letzte dieser drei sich unabhängig von den beiden ersteren entwickelt habe. Dagegen konnten wir die Entwickelung dieser letzteren nicht verfolgen. Wir erinnerten uns, im Gebirge interglaciale Bildungen verfolgt zu haben. Wir gewannen in der Gegend von Innsbruck und im Algäu Anhaltspunkte dafür, dass dieselben höchst wahrscheinlich zwischen den beiden ersten Vergletscherungen sich bildeten, deren Spuren wir auf der Hochebene begegnen. Dadurch vergewissern wir uns, dass auch eine jede dieser beiden ersteren unabhängig von der anderen das Gebiet betreten und sich in demselben verbreitet hat. So sehen wir drei verschiedene Vergletscherungen sich von dem äussersten gegen das Centrum der Vergletscherung gekehrten Punkte unseres Untersuchungsfeldes in demselben verbreiten, und es ist uns möglich, die Grenzen dieser Vergletscherungen zu ermitteln.

Wir verfolgten diese Vergletscherungen an der Hand ihrer Produkte. Die anhäufende Thätigkeit des Wassers, welche sich an das Hereinbrechen der Vergletscherungen knüpft, ermöglichte uns, deren Spuren zu trennen. Dagegen sehen wir in den Zeiten zwischen den einzelnen Vergletscherungen eine Thalbildung rüstig vor sich gehen; dreimal wurde durch die Gletscher Material abgelagert, aber in den beiden Zwischenzeiten wurde es wieder erodirt.

Digitized by Google

So werden die Gletscherzeiten durch eine lokal höchst beträchtliche Aufhäufung von Material charakterisirt, die Interglacialzeiten hingegen durch erosive Thätigkeit, der das eben angehäufte Material zum Opfer fällt. Es ist dies ganz natürlich. Die Alpen sind auch heute noch ein enormes Erosionsgebiet des rinnenden Wassers, und in jeder Zeit, wo nicht eine Vergletscherung ein neues System von Erosion und Anhäufung bildet, muss es so gewesen sein.

Wenn aber eine Interglacialzeit gerade so wie unsere heutige mehr durch destruktive Thätigkeit als durch gesteinsbildende Wirkungen charakterisirt ist, so darf nicht Wunder nehmen, dass sie in der geologischen Schichtenfolge nicht durch ein mächtiges Schichtensystem repräsentirt ist. Der Mangel interglacialer Schichten ist ein ganz begreiflicher und naturgemässer. Wie wir heute nur an wenigen Stellen in und um den Alpen Material sich ablagern sehen, so war es in jeder Interglacialzeit, und wie sich jene ablagernde Thätigkeit heute auf die Erzeugungen einzelner Torflager und Schutthalden beschränkt, so sind uns aus den Interglacialzeiten auch nur alte Schutthalden und Torflager überkommen.

Allerdings wenn wir den Begriff Interglacial in anderer Weise fassen, als es von uns geschehen, wenn wir nicht bloss diejenigen Schichten als interglacial bezeichnen, welche einer besonderen Interglacialzeit entsprechen, sondern alle Ablagerungen, welche zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Vergletscherungen einer Stelle entstanden, interglacial nennen, so ändern sich diese Verhältnisse. Dann werden die Anschwemmungen, welche während des Rückzuges der ersten Vergletscherung und beim Herannahen der zweiten entstanden, interglacial zu nennen sein, und die Interglacialzeit wird durch Anhäufung mächtiger Schotter ausgezeichnet sein. Allein in diesem Falle verzichten wir darauf, Zusammengehöriges zusammenzufassen und vereinigen heterogene Ablagerungen in einen Komplex. Wir berücksichtigen nicht den zeitlichen und genetischen Konnex zwischen Gletscherausbreitung und Schotteranhäufung. Fassen wir dagegen als Glacialschichten alle jene Gebilde zusammen, welche einer Vergletscherung entstammen, so sehen wir jede Vereisung durch einen einheitlichen Schichtkomplex charakterisirt; ihre Spuren geben sich in Schottern

Digitized by Google

und Moränen zu erkennen, wie eine vulkanische Eruption durch Aschenschichten und einen Lavastrom; und von diesen Glacialschichten sondern sich streng ab jene Bildungen, welche zwischen zwei Gletscherzeiten entstanden, ebenso wie von vulkanischen Aschen und Laven zweier Eruptionen die Gebilde, welche zwischen denselben entstanden. Unter solchen Umständen ist es freilich nicht gestattet, jede Schotterablagerung, welche zwei Moränen trennt, ohne weiteres als interglacial zu bezeichnen, ebenso wie das Auftreten von Schottern unter und über Moränen noch nicht berechtigt, sie prä- oder postglacial zu nennen.

Unser Untersuchungsgebiet ist nur ein kleiner Theil der Alpen; dennoch aber ist es gestattet, die in ihm gewonnenen Ergebnisse auf das Gebirge in seiner Gesammtheit zu übertragen. Die Entwickelung der Gletscher knüpft sich an das Gebirge als solchem, und jeder Theil desselben muss daher eine entsprechende Entwickelung des Glacialphänomens zeigen. Wir dürfen daher von einer dreimaligen Vereisung der Alpen reden. Dieses Ergebniss steht freilich wenig im Einklange mit früher gewonnenen, allein auch nicht im Gegensatz zu denselben. Heer kam zu der Folgerung, dass die Alpen zweimal vergletschert gewesen sein müssten. Er wies zwei Gletscherperioden und eine mildere Interglacialzeit nach. Diese beiden Vergletscherungen erkannten wir auch in unserem Gebiete, es sind unsere beiden ersten, und die Auffindung der interglacialen Breccien des Innthales ist wol die beste stratigraphische Bestätigung von Heer's vielfach bekämpften paläontologischen Folgerungen. Mühlberg, Bach und Taramelli kamen auf anderem Wege als Heer zu der Annahme zweier Eiszeiten. Wir schlossen uns ihrer Argumentation an, nicht ohne jedoch die Beweisführung durch eine wesentliche Thatsache gestärkt zu haben. Wir erkannten so gleichfalls zwei Eiszeiten, allein es waren nicht dieselben, deren Existenz wir früher nachgewiesen, nur eine deckte sich mit einer der vorher schon erwiesenen, die andere war eine neue. Die beiden Wege, welche früher zu dem schön übereinstimmenden Resultate, zu der Annahme zweier Vergletscherungen geführt hatten, führen jetzt zur Kenntniss dreier.

Die Entwickelung des Glacialphänomens in den Alpen findet ihr völliges Seitenstück in der Entfaltung der Gletschererscheinungen

Digitized by Google

im Norden Europas. Hier wie da lernten wir ein Inlandeis kennen, welches in beiden Gebieten petrographisch übereinstimmende Gesteinsschichten hinterlassen hat, und in beiden Gebieten ist die Vertheilung derselben die gleiche. Aber die erwähnte Analogie erstreckt sich auch weiter. Wie in den Alpen mehrere Vergletscherungen nachweisbar sind, so ist es auch in Nordeuropa, und hier wie da sind die Spuren derselben am vollständigsten in den peripherischen Theilen des Gebietes aufbewahrt. So sieht man in Norddeutschland am Saume des alten skandinavischen Inlandeises wie in Oberbayern am Rande der alpinen Vergletscherung Spuren mehrerer Vereisungen. Während dieselben jedoch im Süden Deutschlands meist nur in Schotterablagerungen zu erkennen sind, haben sich in Norddeutschland die verschiedenen Moränen nicht nur nebeneinander, sondern auch übereinander erhalten, und meilenweit kann man zwei verschiedene Grundmoränen durch Zwischengebilde von einander getrennt verfolgen. Allerdings dürfte der Beweis einer dritten Vergletscherung Norddeutschlands, wie ich ihn früher geliefert zu haben meinte, heute noch zu bringen sein, nachdem ich mich überzeugt habe, dass die Bänderthone nicht, wie ich gemuthmaasst, interglaciale Gebilde sind. Allein bisher kannte man ja auch nur zwei Vergletscherungen der Alpen, und jetzt erst gelang es eine dritte aufzufinden.

In den Alpen sahen wir, dass die letzte Vergletscherung nicht die bedeutendste gewesen ist, sondern in ihrer Ausdehnung hinter der zweiten zurückgeblieben ist. Wir erkannten die Spuren dieser letzteren weit ausserhalb des Bereiches der letzten Vereisung, wir sahen dieselben stark erodirt, sie bilden im Aargau wie in Südbayern keine Moränenlandschaft, und sind hier wie da verhüllt unter einer mehr oder minder mächtigen Decke von Löss. Ganz denselben Erscheinungen begegnet man an der Grenze der skandinavischen Vergletscherung. Ich habe früher schon nachgewiesen, dass hier nur eine einzige Moräne zu erkennen ist, während sonst stets zwei auseinanderzuhalten sind. Diese eine Moräne wird aber allenthalben am Rande des skandinavischen Gletschergebietes von Löss bedeckt. Diese Thatsache wurde zuerst von österreichischen Geologen in Galizien aufgefunden, ORTH erkannte sie in Schlesien,

Digitized by Google

ich selbst in Sachsen, Laspeyres schon vorher in der Gegend von Halle, und nördlich des Harzes ist sie auch mehrfach konstatirt worden. Ganz dasselbe kehrt in Nordamerika wieder. Auch hier lagert Löss über den äussersten Moränen, gegen welche sich scharf eine innere Zone abhebt. Dies Verhältniss bildet augenscheinlich einen der charakteristischen Züge der Lössverbreitung, und bei Spekulationen über den Ursprung dieses Lehmes dürfte vor allem in Betracht zu ziehen sein, dass derselbe die alten Gletschergebiete meidet[1]) und nur an derem Rande, über den Moränen älterer Vereisungen auftritt, dass er ferner in Oberbayern nirgends auf den Anschwemmungen der letzten Vereisung auftritt, während er die der beiden älteren Vergletscherungen als zusammenhängende Decke überzieht, und an einer Stelle (vergl. p. 283) sogar zwischen der diluvialen Nagelfluh und dem „unteren Glacialschotter" aufgefunden wurde.

Es lässt sich also in Norddeutschland ebenso wie in Oberbayern eine äussere und innere Moränenzone unterscheiden. Bemerkenswerth ist nun, dass im Gebiete der äusseren Moränenzone im Norden und Süden Deutschlands mehrfach über den Glacialgebilden reiche Funde einer echt diluvialen Fauna gemacht worden sind, ich nenne nur die thüringischen Kalktuffe, die Ablagerung von Schussenried und von Aschau am Inn, während dagegen im übrigen Gletschergebiete nirgends eine solche Diluvialfauna über den Moränen erscheint. Es dürfte diese Thatsache wol zu beachten sein, wenn es sich um die Altersbestimmung jener Faunen handelt. Aus dem Umstande, dass sie über Moränen lagern, ist nicht ohne weiteres zu entnehmen, dass sie post-

[1]) Es ist mir bisher in der Literatur nur eine Angabe bekannt, welche auf das Auftreten von Löss in alten Gletschergebieten schliessen lassen könnte. Gümbel berichtet (Alpengebirge, p. 800) von einer Lehmlage über dem Gypsstocke bei Partenkirchen, „welche dem Löss sehr ähnlich ist, zugleich auch Landschnecken, namentlich die charakteristische Succinea oblonga einschliesst". Mehrfacher Besuch der genannten Lokalität liess mich daselbst stets nur einen gelben Lehm auffinden, welcher von Verwitterungslehm nicht zu unterscheiden ist Schneckenreste habe ich nicht wahrgenommen, und deren Auftreten würde noch nicht genügen, jenen Lehm als Löss zu charakterisiren.

Digitized by Google

glacial sind; sie können auch interglacialen Alters sein, oder der letzten Gletscherzeit entstammen.

Wie in Oberbayern nach dem Centrum der Vergletscherung zu die Spuren der einzelnen Vereisungen schwerer und schwerer zu verfolgen sind, so ist es im Norden auch. Auf den schwedischen Hügelländern hat man nur eine Moräne unterscheiden können. Dagegen dürfte zu erwarten sein, dass die tiefen Thäler Norwegens ebenso wie die Thäler der Alpen und der schottischen Hochlande hie und da Spuren mehrerer Vergletscherungen erkennen lassen werden.

Die Annahme dreier Vergletscherungen gibt uns Rechenschaft über alle Ablagerungen unseres Gebietes; ungezwungen erklärt sie alle bisher bekannt gewordenen Thatsachen aus andern Theilen der Alpen und steht im Einklang mit anderweitig gewonnenen Ergebnissen. Sie gibt erwünschte Klarheit über die so viel umstrittene Frage nach dem Alter und Ursprung der alten Anschwemmungen, sie erklärt das Auftreten von Schichten mit Pflanzenresten eines gemässigten Klimas inmitten glacialer Lager. Durch die Annahme dreier Vergletscherungen ordnen sich die verschiedenen Quartärbildungen der Alpen in ein einheitliches Bild, wie es in der beigefügten Uebersicht der oberbayerischen und alpinen Quartärbildungen zu entwerfen versucht wurde (vergl. Tabelle II). Dahingegen sehen wir, dass die Annahme von Gletscheroscillationen weder die häufige Wiederkehr von „interglacialen Schichten“ befriedigend erklärt, noch Rechenschaft über den langen Zeitraum gibt, welcher an jenen Stellen zwischen den beiden Vergletscherungen verstrich. Sie erklärt nicht die Bildung der diluvialen Nagelfluh und äusseren Moränenzone, und ist unvereinbar mit der Flora interglacialer Schichten.

Digitized by Google

III. ABSCHNITT.

DIE BILDUNG
DER
OBERBAYERISCHEN SEEN.

Digitized by Google

Kapitel XXIV.

Veränderungen im Relief Südbayerns und Nordtirols durch die diluvialen Vergletscherungen.

Die auf dem alpinen Vorlande abgelagerte Gesteinsmasse. Verhältniss zwischen transportirender Fähigkeit des Eises und des Wassers. Die in den Alpen erodirte Gesteinsmasse. TYNDALL's Ansicht. Die Alpenthäler präglacial. Veränderungen in den Thälern durch die Vergletscherungen. Die eisfrei gebliebenen Theile unwesentlich zerstört. Erosion durch das Eis selbst. Abnutzung der Thalgehänge. Erosion der unteren Glacialschotter. Centrale Depressionen durch die Gletscher erodirt. Unterschiede der Gletscher- und Wassererosion. Veränderungen der Alpenthäler durch die Vergletscherung. Hohes Alter der centralen Depression.

Der Verlauf unserer Untersuchungen hat uns mit einer stattlichen Zahl verschiedener Quartärgebilde bekannt gemacht, welche sich in dem engen Rahmen unseres Gebietes zusammendrängen. Wir lernten Grund- und Endmoränen als die direkten Erzeugnisse von Gletschern kennen; in enormen Schotteranhäufungen erblickten wir Anschwemmungen von Gletscherwassern, und alle diese verschiedenen Ablagerungen treten uns als der Ausdruck eines grossen Phänomens entgegen, nämlich der Vergletscherung des Gebietes. Dreimal ist dasselbe vereist worden, dreimal wurden Moränen und Schotter angehäuft; untergeordnet erscheinen im Vergleiche zu diesen Ablagerungen die Gebilde jener Zwischenperioden, welche die Vergletscherungen von einander trennen, spärlich sind die Produkte der Postglacialperiode gegenüber denen der Eiszeiten. Diese Eiszeiten erscheinen als Perioden eines gewaltigen Gesteinstransportes, und es muss sich fragen, welche Veränderungen in der Konfiguration des Landes durch die wiederholten Vergletscherungen erzielt worden sind.

Die schwäbisch-bayerische Hochebene hat zweifellos eine Erhöhung ihres Niveaus erfahren. Die Anschwemmungen der ersten

Digitized by Google

Vergletscherung, die diluviale Nagelfluh, bedecken sie in grosser Mächtigkeit; nicht minder beträchtlich sind die Werke der letzten beiden Vereisungen, Moränen und Schotter, auf dem nordalpinen Vorlande entfaltet. Auf eine Breite von im Mittel mehr als 60 km ist dasselbe mit Glacialgebilden aller Art überdeckt, zwischen Iller und Lech und längs seiner Hauptströme ziehen sich enorme Massen alpinen Gerölls bis zur Donau, ganz zu schweigen von den unermesslichen Quantitäten feinen Schlammes, welcher bei der Bewegung der Gerölle entstehen musste, und den viele Autoren im Lösse wieder erkennen wollen. Es wird die schöne Aufgabe einer ausführlichen Untersuchung und Kartirung der bayerischen Hochebene sein, Schritt für Schritt die Ablagerungen der Glacialzeit zu verfolgen, die Fläche, welche sie bedecken, auszumessen, ihre Mächtigkeit zu bestimmen, um so ihre Masse zu ermitteln. Einstweilen mögen Schätzungen hierüber genügen, bei welchen wir, wie bereits mehrfach versucht, vorziehen werden, mit Minimalzahlen zu rechnen. Am Nordfusse der Alpen zwischen Iller und Inn, also auf einer Strecke von 150 km Länge, dehnt sich ein 60 km breiter Saum von Glacialbildungen aus. Derselbe bedeckt also ein Areal von $150 \times 60 = 9000$ □ km. Ich bleibe sicher hinter der Wirklichkeit zurück, wenn ich die mittlere Mächtigkeit der Glacialablagerungen auf diesem Gebiete zu 60 m veranschlage. Besitzt doch die Decke der diluvialen Nagelfluh allein schon eine mittlere Mächtigkeit von über 30 m, welche sie an vielen Stellen, so in den Thälern Schwabens, noch überschreitet, und wo sie fehlt, sind die jüngeren Glacialschichten grossartig entwickelt, es sei hier nur an die über 70 m hohen Steilufer des Inn bei Wasserburg und Gars, die nicht minder hohen Abböschungen an den Ufern des Lech, an die über 50 m mächtige Ablagerung glacialer Schotter zwischen Murnauer Moos und Kochelsee erinnert. Die Gesammtmasse der Glacialgebilde auf jenem Gebiete berechnet sich hiernach zu

$$9000 \times 0{,}06 = 540 \text{ Kubikkilometer},$$

und in dieser enormen Summe sind die ausgedehnten Geröllterrassen längs der Flussläufe bis abwärts nach Passau, sind die kolossalen Schlammmassen, welche bei der Geröllbildung entstanden, sind endlich die während der beiden Interglacialzeiten erodirten Materialien nicht inbegriffen. Alles dies entzieht sich

Digitized by Google

aller Berechnung. Es sollen uns hier nur die 540 Kubikkilometer beschäftigen, d. h. 540 Milliarden Kubikmeter, welche, das spezifische Gewicht des Gerölls rund auf 2 veranschlagt, eine Last von ungefähr 1080 Billionen (1 080 000 000 000 000) Kilogramm ausmachen.

Von dieser gewaltigen Schuttmasse wissen wir, dass sie während dreier Vergletscherungen des Gebietes bewegt wurde. Sie wurde abgelagert theils durch die dem Eise entströmenden Wasser, theils durch das Eis selbst. Nun wissen wir, dass während einer Vergletscherung ebensoviel Wasser in flüssiger Form in Wirksamkeit trat, wie in fester Gestalt als Eis thätig war. Das grosse Inlandeis thaute an seinen Rändern, und die Wassermenge, welche in fester Form herbeiströmte, floss hier in flüssiger weiter. So war es wenigstens während des Maximums der Vergletscherung, wohingegen während des Herannahens derselben mehr Wasser als Eis herbeigeführt wurde, als in flüssiger Form weiter strömte, und während des Abschmelzens der umgekehrte Fall eintrat. Wenn nun die transportirende Kraft des Wassers und die des Eises sich genau die Wage hielten, so müsste während des Stillstandes einer Vergletscherung das derselben entfliessende Wasser alles das Material weiter transportiren, welches das Eis herbeiführt. Aber dies ist nicht der Fall. Im Gegentheil, eine stillstehende Vergletscherung baut eine Endmoräne auf; das rinnende Wasser vermag also nicht die Menge von Gesteinsmaterial fortzuschaffen, welche durch eine gleich grosse Masse Eis herbeigeführt wird. Solchergestalt erscheint das Eis als ein weit bedeutenderes transportirendes Medium als das rinnende Wasser. Wenn nun das von den Vergletscherungen Südbayerns hinterlassene Moränenmaterial mindestens $^1/_3$ der ganzen transportirten Gesteinsmenge ausmacht, so ist anzunehmen, dass sich die transportirende Fähigkeit des Eises zu der des Wassers wie 3 : 2 verhält, also mindestens um die Hälfte grösser ist, während das Volumen des Eises zu einer gleich schweren Wassermenge sich nur wie 10 : 9 verhält.

Jedenfalls ist für unsere weiteren Erwägungen die Erkenntniss wichtig, dass die glacialen Schotter aus der Grundmoräne gebildet worden sind, dass also die Gesammtmasse des während der grossen

Digitized by Google

Eiszeit in Südbayern abgelagerten Materiales eine Zeit lang wenigstens durch das Eis transportirt worden ist. Dieses Material besteht fast ausschliesslich aus alpinen Gesteinen, und zwar sind es auf dem grösseren Theile unseres Gebietes vorzugsweise die der nördlichen Kalkalpen, welche sich an Zusammensetzung der Glacialformationen betheiligen. Geschiebe alpiner Urgebirgsfelsarten fehlen ja in dem Gebiete des Lech und der Iller völlig, und sind an der Isar selten. Wenn die Alpen nun solch eine ungeheure Menge Schuttes lieferten, müssen sie während der Glacialzeit eine höchst beträchtliche Erosion erfahren haben. Der Betrag derselben lässt sich leicht berechnen. Jene Masse von 540 Kubikkilometern stammt aus den Nordalpen. Nun beträgt deren Breite 100 km, das Erosionsgebiet möge dieselbe Ausdehnung von 150 km haben, wie das Ablagerungsgebiet, also ergibt sich eine Abtragung von

$$\frac{540}{100 . 150} \text{km} = 36 \text{ m}.$$

Es wird nun unsere Aufgabe sein, die Spuren dieser Erosion der Glacialzeit zu verfolgen, wie wir bislang uns mit den Ablagerungen beschäftigten, welche sie uns hinterliess; und diese Aufgabe wird uns umsomehr fesseln, als sie ein strittiges Gebiet betrifft, über welches die Meinungen in seltenem Maasse getheilt sind. Die Untersuchung über die Erosion der Glacialzeit führt nothwendigerweise zu einer Betrachtung über die Entstehung der Alpenthäler und Alpenseen.

Die eingangs dieser Untersuchungen als Fundamentalsatz aufgestellte Thatsache, dass das erratische Phänomen eine völlige Abhängigkeit von der Bodenkonfiguration bekundet, kann die Folge verschiedener Vorgänge sein. Einmal nämlich können vorher existirende Thäler den Gletschern den Weg gezeigt haben, eine Annahme, die beiläufig fast allgemein getheilt wird; dann aber ist es ja auch denkbar, dass die Gletscher selbst sich ihre Betten erodirt haben, dass sie die Thäler ausfurchten, weswegen es nun kein Wunder ist, wenn sich eine enge Beziehung zwischen ihnen und dem Glacialphänomene ergibt. Tyndall[1]) hat die

[1]) On the Conformation of the Alps. Philos. Mag. IV. S. Vol. XXIV. 1862. p. 169. IV. S. Vol. XXVIII. 1864. p. 255.

Digitized by Google

letztere Meinung wiederholt verfochten, und falls sie sich als richtig erweist, würden wir in den riesigen Schuttmassen am Fusse des Gebirges das ausgepflügte Material der Thäler zu erblicken haben.

Aber schon eine flüchtige Betrachtung überzeugt, dass jene Schuttmassen, so enorm sie auch sind, doch bei weitem nicht ausreichen würden, um die Alpenthäler wieder aufzufüllen, selbst wenn wir sie verdoppeln und verdreifachen wollten. Ausserdem aber spricht die Entwickelung des Glacialphänomens in den Alpenthälern entschieden gegen TYNDALL's Ansicht.

Hätten die Gletscher sich die Thäler selbst gebildet, so müssten sie ihre Spuren überall an deren Gehängen hinterlassen haben. Von den Gipfeln der Berge herab bis zur Thalsohle müsste sich jene eigenthümliche Zurundung der Formen zu erkennen geben, welche für übereist gewesenes Terrain so charakteristisch ist, und desgleichen müsste sich erratisches Material über die Thalgehänge in ihrer ganzen Höhe ausbreiten. Allein solches ist nicht der Fall. Sowol die Rundbuckelformen als auch die erratischen Erscheinungen haben eine scharf ausgesprochene obere Grenze, über welche sie nie hinaufsteigen. Zwar liegt diese obere Grenze oft sehr hoch, aber selbst im Innthale, wo das Eis eine sehr beträchtliche Mächtigkeit erreichte, ragten die Berge noch 500 bis 700 m über den Gletscher hervor, und weit höher stiegen die Gipfel und Grate der nördlichen Kalkalpen aus dem Eise heraus. BALL[1]) hat diese Verhältnisse scharf betont und ihre Tragweite gegenüber TYNDALL's Anschauungen hervorgehoben.

Zeigt sich so, dass die Thäler der Alpen vor der Glacialzeit wenigstens angelegt waren, um den Gletschern als Bett dienen zu können, so lehrt ein anderes Argument, dass sie im Allgemeinen dieselbe Tiefe besessen haben müssen wie heute. Es wurde oben zu zeigen versucht, dass der Vergletscherung eines jeden Punktes im Thale eine Anhäufung glacialen Schotters vorausging. 250 m hoch erfüllten Kiese und Sande das Innthal, ehe der Gletscher kam, und so war es nicht nur zur Zeit der letzten Vereisung;

[1]) On the Formation of Alpine-Valleys and Alpine-Lakes. Philos. Mag. IV. S. Vol. XXV. 1863. p. 81.

Digitized by Google

schon die Schotter der ersten Glacialperiode liegen in den Thälern und erreichen stellenweise die heutige Thalsohle. An den Gehängen des Innthales finden sich ferner jene mächtigen Breccien, welche in der Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Vereisungen entstanden; ihre Lage weist nicht minder bestimmt als das Auftreten von Schottern in Thaltiefen darauf hin, dass die Thäler bereits vor Eintreten der Vergletscherungen gebildet waren. Endlich lässt die Verbreitung der Häringer Schichten deutlich erkennen, dass das Hauptthal unseres Gebietes, das des Inn, in seinem Unterlaufe bereits zur Oligocänzeit gebildet war. Alles dies lehrt, dass die Thäler nicht mit den Vergletscherungen in genetischem Zusammenhang stehen.

Es möge hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass Ramsay [1]), sich auf ähnliche Thatsachen, wie die letztgenannten, stützend, Tyndall's Hypothese bekämpfte. Niemand hat seit Charpentier's Tagen klarer und bestimmter ausgesprochen, dass die Alpenthäler präglacial sind als gerade Ramsay, und Heim [2]) ist offenbar nicht genau unterrichtet, wenn er sagt: Ramsay und Tyndall nehmen an, dass die Alpenthäler durch das Eis ausgepflügt sind. Noch weniger aber zeigt er sich über diesen Gegenstand orientirt, wenn er an einer andern Stelle [3]) neben Ramsay auch gar Ball, den ersten und eifrigsten Gegner der Glacialerosion, als einen Anhänger von Tyndall's Ansichten anführt.

Die Alpenthäler sind nicht das Werk der erodirenden Thätigkeit der Gletscher, sie sind die ihnen vorgezeichneten Bahnen. Sind sie nun auch nicht während der Gletscherzeit entstanden, sondern entstammen sie einer früheren Periode, so lehrt doch die ungeheure Menge Schuttes, welche am Fusse des Gebirges ausgebreitet ist, dass sie nicht mehr unverletzt in ihrer präglacialen Form vorliegen. Es muss nun entschieden werden, in welcher Weise sie verändert worden sind. Es fragt sich, ob die unter

[1]) The Excavation of the Valleys of the Alps. Philos. Magaz. IV. S. Vol. XXIV. p. 377. Nov. 1862.

[2]) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 251.

[3]) Ueber den Antheil der Gletscher an der Bildung der Thäler. Vierteljahrsschrift d. naturforsch. Gesellsch. Zürich 1875. p. 206.

Digitized by Google

dem Eise begraben gewesenen Theile ihrer Gehänge, oder ob die einst aus dem Eise hervorragenden Partien derselben mehr zerstörenden Einflüssen ausgesetzt gewesen sind.

In seiner ungemein anregenden Schrift über Thal- und Seebildung macht Rütimeyer auf den grossen Einfluss aufmerksam, welchen die Lage der ewigen Schneelinie auf die erodirenden und denudirenden Processe ausübt. Er schildert, wie sich an diese Linie in erhöhtem Maasse zerstörende Wirkungen knüpfen, und führt aus, wie über derselben, unter anhaltender Schneebedeckung, Stillstand in der Zerstörung eintritt. Man kann diesen einfachen Auseinandersetzungen nur beipflichten. Nun wissen wir, dass mit der Entfaltung der diluvialen Gletscher Hand in Hand das Herabschreiten der Linie des ewigen Schnees gehen musste. Je mehr sich die Gletscher ausdehnen, desto mehr Land verbirgt sich unter ewigem Schnee, desto mehr Land entzieht sich dem zerstörenden Einflusse des Witterungswechsels. Wir suchten oben nachzuweisen, dass während des Maximums der Vergletscherung sich Firn selbst über die Eisströme des Gebirges breitete, wir müssen daher annehmen, dass alle über das Gletschermeer aufragenden Theile des Gebirges von „ewigem Schnee“ bedeckt waren und durch diesen vor Zerstörung bewahrt wurden.

Während des Maximums der Vergletscherung waren daher die aus dem Eise aufragenden Partien geschützt vor Zerstörung, und nur während des Herannahens und Rückziehens der Vereisung, als die Firnlinie sich senkte und wieder aufstieg, waren sie lebhafter Zertrümmerung ausgesetzt. Im Allgemeinen müssen sie aber durch ihre grössere Firnbedeckung mehr vor Auflösung bewahrt gewesen sein, als dies heute der Fall ist. So ist anzunehmen, dass die aus dem Inlandeise sich erhebenden Gipfel während der Eiszeit verhältnissmässig wenig verändert worden sind. Die Schuttmassen, welche am Rande der Vergletscherung angehäuft worden sind, müssen daher grösstentheils von den vereist gewesenen Partien der Thäler herrühren. In der That, ein anderer Weg führte schon zu diesem Ergebnisse. Wir erkannten, dass der Hauptgesteinstransport während der Eiszeit nicht auf dem Rücken der Gletscher, sondern auf derem Boden geschah, die bei weitem grösste Menge des von dem Eise verfrachteten Materiales

Digitized by Google

stammt nicht von den eisfreien Partien der Thäler, sondern rührt von den vergletscherten Theilen derselben her. Die unter Eis begraben gewesenen Theile des Gebirges haben also die grösste Veränderung während der Eiszeit erlitten.

Wenn dies nun der Fall ist, so liegt nichts näher als anzunehmen, dass jene Veränderung durch das Eis selbst bewirkt worden ist. Dass dies wirklich so ist, lehrt schon die Zusammensetzung der Grundmoräne, wir erkannten in derselben das Schleifpulver, welches beim Gleiten des Eises über den Untergrund entsteht. Allerdings ist nicht zu leugnen, dass das Eintreten einer Kälteperiode das alte Gletscherbett bereits aufgelockert hat, dass in der Zeit vor und zwischen den Vergletscherungen die Gehänge der Alpenthäler vielfach Zerstörungsprocessen ausgesetzt waren. Sie mögen in ähnlicher Weise mit Grus bedeckt gewesen sei wie heute; sodass die eintretende Vergletscherung allerorts bereits einen gelockerten Boden vorfand und vielfach nur die Thäler gleichsam auszuputzen hatte. Allein so hoch wir den Betrag der vor Eintreten der Vergletscherung bereits gelockerten Gesteinsmassen auch veranschlagen wollen, so können sie doch keinesfalls genügen, um die Menge des glacialen Materiales am Fusse des Gebirges zu erklären. Durch letztere könnten wir das Niveau des Gebirges um volle 36 m erhöhen, um einen Betrag also, der die Mächtigkeit etwaiger Schutt- und Grusmassen weit, weit hinter sich lässt. Es bleibt also nur die früher schon durch Belege gestützte Annahme, dass das Eis selbst erodirend gewirkt hat, dass durch die Gletscher selbst die Alpenthäler Veränderungen erlitten haben.

In der That zeigt uns das Aussehen der Alpenthäler Spuren solcher Veränderungen. Ihre Gehänge sind bis zu einer bestimmten Höhe gerundet. Dies lässt sich nur durch eine Abnutzung durch das Eis selbst erklären, und ist auch nie anders gedeutet worden, wenngleich auf der andern Seite dem Eise meist alle erodirende Fähigkeit abgesprochen wird. Allein, wenn wir den Betrag dieser Abnutzung untersuchen wollen, stossen wir auf grosse Schwierigkeiten, da wir nicht wissen, wie das Aussehen der Thäler vor der Eiszeit war. Falsch wäre es sicher, wenn wir annehmen wollten, dass die Gletscher überall in gleichem Maasse erodirt und

Digitized by Google

allüberall eine Niveauverminderung um 36 m erzeugt hätten, sodass da, wo heute Rundbuckelformen auftreten, das Gehänge früher 36 m höher gelegen hätte. Ausserdem aber lassen uns jene Rundbuckelformen nur eine Abnutzung der Thalgehänge erkennen, nicht aber, ob die Thäler vertieft worden sind. Sie sind eben gleich den Grundmoränen nur Spuren von Gletschererosion, welche uns deren lokalen Betrag nicht ermitteln lassen.

Dagegen gibt es eine andere Erscheinung, welche nicht nur zur Erkenntniss des Vorhandenseins einer Gletschererosion führt, sondern auch deren Grösse in ungeahnt klarer Weise ermessen lässt. Wir erkannten, dass in unserem Gebiete der Ausbreitung von Gletschern die Anhäufung mächtiger Schottermassen vorausgegangen ist. Wir fanden dies als Regel in allen Gletscherbezirken und erkannten die Ursache, warum dies so ist und nicht anders sein kann. Die unteren Glacialschotter geben daher ein Mittel an die Hand, zu untersuchen, wie die Bodenkonfiguration unmittelbar vor der Vereisung gewesen ist. Sie lehren uns, wie hoch die Thalböden lagen, wie hoch das Niveau der Hochebene war; und da sie eine ausgezeichnete Strombildung sind, gestatten sie auch durch Kombinirung einzelner Aufschlüsse eine grösstentheils zerstörte Ablagerung wieder zu restauriren. Vergleichen wir nun die durch die unteren Glacialschotter angedeuteten Niveauverhältnisse mit den von der Vergletscherung hinterlassenen, so erhalten wir ein genaues Maass der durch die Gletscher ausgeübten Erosion.

Gelegentlich der Schilderung der unteren Glacialschotter haben wir bereits mehrere Unregelmässigkeiten in deren Verbreitung hervorgehoben; jetzt, wo wir deren Bedeutung zu schätzen wissen, müssen wir näher auf dieselben eingehen, und zu diesem Behufe wird es gut sein, uns deren Entwickelung von dem den Centralalpen nächstgelegenen Theile unseres Gebietes bis an die Peripherie der ehemaligen Vergletscherung kurz zu vergegenwärtigen.

Im oberen Innthale bilden die unteren Glacialschotter eine deutlich ausgesprochene Terrasse, in welche der Inn 200—300 m tief einschneidet. Dieselbe ist ziemlich zusammenhängend, und alle Erscheinungen deuten darauf, dass sie erst in der Post-

Digitized by Google

glacialzeit erodirt worden ist. Bereits von Innsbruck an lässt sich jedoch eine Aenderung dieses Verhältnisses bemerken. Die Terrasse verliert an Zusammenhang, sie wird zerstückelt, und bezeichnenderweise treten ihre Reste meist nur in Thalweitungen auf. Höchst auffällig ist nun, an den Abböschungen der Terrasse bei Innsbruck Moränen zu finden, und tief unter ihrer Höhe Gletscherschliffe. Auf der einen Seite lernen wir, dass die Terrasse unmittelbar vor der Vergletscherung aufgeschüttet wurde, auf der andern sehen wir, dass sie während derselben bereits erodirt war. Dies lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass die Gletscher selbst die Terrasse erodirten.

Das untere Innthal liefert eine Reihe von Bestätigungen dieser Ansicht. Ist von Innsbruck an die Terrasse zerstückelt, so verschwindet sie unterhalb Jenbach gänzlich aus dem Thale. Fast bis zur Sohle desselben treten Moränen und Gletscherschliffe auf, und wo bei Brannenburg das Innthal auf die Hochebene tritt, ziehen sich Moränen bis zum Boden desselben herab. Gänzlich fehlen hier die unteren Glacialschotter, und doch kann kein Zweifel darüber herrschen, dass auch sie hier früher entwickelt waren. Finden wir sie nicht im Innthale selbst, so begegnen wir ihnen in dessen Seitenthälern. Ihre Entwickelung wird in treffender Weise durch die Worte GÜMBEL'S[1]) charakterisirt: „Man gewahrt innerhalb vieler Terrainbuchten in den Alpen hoch über dem jetzigen Flussniveau oft mehrfach übereinander hinziehende Terrassen.“ So treffen wir, wie bereits geschildert, Glacialschotter im Thale der Brannenburger Ache; mächtig entwickelt sind sie im Thale der Hopfgartener Ache; sie sind schliesslich in dem Thale des Jenbaches unterhalb Kufstein 150—200 m über dem Inn aufgeschlossen, und ihre Entwickelung an allen diesen Punkten macht evident, dass sie nur die Reste einer ausgedehnten Terrasse des Innthales sind. Die Schotter in jenen Thälern sind horizontal geschichtet, und da es im Thale der Brandenberger Ache und des Jenbaches Innschotter sind, so lässt sich deren Ablagerung nur unter der Annahme erklären, dass einst im Innthale eine Terrasse so mächtig angeschwollen war,

[1]) Alpengebirge. p. 801.

Digitized by Google

um sich in die Seitenthäler drängen zu können. Durchaus nicht kann man das Verhältniss erklären, wenn man sagt, wie es bislang für ähnliche Vorkommnisse geschah, dass der Gletscher des Hauptthales die Nebenthäler absperrte, sodass hier Eisseen entstanden, in welchen Schotter abgelagert wurden. In solchen Seen hätten nur geneigte Schotter angehäuft werden können, niemals horizontale, wie denn überhaupt die Bildung horizontaler Schotterablagerungen nur in rinnendem, nie in stehendem Wasser möglich ist. Auch die Anhäufung der unteren Glacialschotter im Thale der Hopfgartener Ache lässt sich nur erklären, wenn man annimmt, dass der Boden des Innthales sich fortwährend erhöhte, dass sich hier einst eine Terrasse aufbaute.

So lehren jene Vorkommnisse in den Seitenthälern des unteren Innthales, dass auch in diesem letzteren sich einst eine mächtige Terrasse unterer Glacialschotter erhob. Doch bereits während der letzten Vergletscherung war dieselbe entfernt, wie die bis fast zur Thalsohle reichenden Moränen bezeugen. Wir wissen nun, dass die Anhäufung der unteren Glacialschotter der Vergletscherung unmittelbar vorausging. Sind dieselben also nach der Vergletscherung schon entfernt, so müssen sie während der letzteren erodirt worden sein. Diese Erosion kann nur durch das Eis selbst bewirkt worden sein.

Wenn im unteren Innthale die unteren Glacialschotter gänzlich entfernt sind, so kann nicht Wunder nehmen, dass sie auch vor dessem Austritte aus den Alpen fehlen. Hier dehnt sich eine breite Bodensenkung aus, in deren Mitte das Rosenheimer Moos liegt. Es ist dies die centrale Depression des Inngletschers. Man findet nirgends im Bereiche derselben die unteren Glacialschotter, erst nördlich dieser Senkung stellen sie sich wieder ein. Ihr Auftreten hierselbst beweist, wie wir wissen, keineswegs, dass sie einer sich einst kontinuirlich bis in die Alpen erstreckenden Ablagerung entstammen. Der Gletscher kann ihr Material über die centrale Depression geschafft haben. So ist ihr Auftreten an der Peripherie des Gletschergebietes in höherem Niveau, als die centrale Depression desselben, nicht wunderbar. Auffällig bleibt nur ihr Mangel im Bereiche der centralen Depression. Sicher kann nicht angenommen werden, dass sie hier nie zur Entwickelung gekommen

Digitized by Google

sind; denn wenn wir sehen, dass allenthalben der Vergletscherung die Anhäufung von Schottern vorausgeht, so wäre unerklärlich, wenn dies gerade an einer Stelle nicht geschehen sein sollte. Die Phänomene im unteren Innthale werfen Licht auf dies Verhältniss. Sie lehren, dass der Gletscher jene Ablagerung unterer Glacialschotter zerstört hat, welche sich vor ihm aufgebaut hatte, und so ist anzunehmen, dass auch vor der Mündung des Innthales die unteren Glacialschotter erodirt worden sind. In der That, wenn man berücksichtigt, dass im Innthale 200 m glacialer Schotter angehäuft worden sind, so muss man erwarten, an dessem Austritte auf die Hochebene einen flachen Schuttkegel vorzufinden. Wenn sich im Gegensatz dazu eine beckenförmige Vertiefung ausdehnt, so kann deren Vorhandensein nicht anders als durch eine hier stattgehabte Erosion erklärt werden.

Die Verfolgung der unteren Glacialschotter im Thale des Inn gestattet uns genau die Wirkungen der Gletschererosion zu erkennen. Wir sehen, wie dieselbe vom Centrum der Gletscherverbreitung allmählich zunimmt, wie die Terrasse der unteren Glacialschotter erst zerstückelt und dann ganz entfernt wird, wir verfolgen die Wirkung dieser Erosion aus dem Gebirge heraus auf die Hochebene bis dahin, wo die anhäufende Thätigkeit des Eises beginnt. Auf dem Alpenvorlande stossen also erodirende und anhäufende Wirkungen aneinander, und so wird es erklärlich, dass hier die angehäuften Moränenwälle ein tiefer gelegenes Becken umschliessen, dessen Zustandekommen nicht bloss durch Anhäufung von Moränen in seiner Peripherie erklärt werden kann. Die centralen Depressionen des alten Gletschergebietes sind die natürlichen Folgen der Gletschererosion, welche an Intensität von dem Gletschercentrum nach aussen bis dahin zunimmt, wo die anhäufende Thätigkeit des Eises beginnt. Nothwendig wird nun, dass alle diese centralen Depressionen in der ideellen Fortsetzung von solchen Alpenthälern liegen, aus welchen Gletscher hervorströmten; vollkommen einleuchtend wird die höchst auffällige Abhängigkeit ihrer Gestalt und Lage von den Grenzen der Vergletscherung. Es erscheinen jene centralen Depressionen, welche bald als Rinne, bald als Amphitheater entgegentreten, als die Betten der alten Gletscher, welche dieselben sich selbst geschaffen

Digitized by Google

haben. Deswegen müssen jene Depressionen in völliger Abhängigkeit von der Eisverbreitung stehen, eine Erscheinung, die sonst unerklärlich ist. Keineswegs nämlich kann die Annahme, dass die Depressionen präglacial sind, diese Thatsachen aufhellen. Allerdings würden die Gletscher sich in solchen präglacialen Becken auch verbreitet haben, und diese letzteren würden sogar ihre Entwickelung beeinflusst haben, aber dies alles kann nur in beschränktem Maasse der Fall sein. Wir suchten oben nachzuweisen, dass die Gletscherverbreitung von ganz bestimmten Voraussetzungen abhängig ist. Nach durchgreifenden Regeln entwickeln sich die einzelnen Eisströme, und wenn nun die centralen Depressionen, welche mit jenen Regeln nichts zu thun haben, eine auffällige Abhängigkeit von der Gletscherverbreitung zeigen, so muss diese Abhängigkeit eben durch die Gletscherentwickelung bedingt sein. Ueberdies zeigen die centralen Depressionen selbst Spuren ausgedehnter Glacialerosion. Nicht allenthalben sind, wie im Innbecken, die unteren Glacialschotter gänzlich entfernt. Im Isargebiete sind sie vorhanden, hier aber schneiden die hangenden Grundmoränen schräg gegen sie ab, ein Beweis, dass nach ihrer Anhäufung und vor Ablagerung der Moränen eine Erosion stattfand, die eben nur während der Vergletscherung und durch dieselbe ausgeübt worden sein kann.

Der Verlauf der alten Gletscherbetten lehrt einen charakteristischen Zug der Gletscherwirkung kennen. Die Gletscher erzeugen sich nicht Betten von konstantem Gefälle, wie das fliessende Wasser. Die zwischen Anfang und Ende des Gletscherbettes gelegenen Punkte liegen nicht um so tiefer, je mehr man sich dem Ende nähert, vielmehr liegt das untere Ende des Bettes, die Zone der Endmoränen, höher als die weiter aufwärts gelegene centrale Depression. Ein Gletscher kann Depressionen herausbilden. Der Grund hierfür liegt in der transportirenden Fähigkeit des Gletschers. Dieselbe ist nicht nur, wie wir schon zeigten (pag. 329), grösser als die einer äquivalenten Wassermenge, sondern auch weit vollständiger. Wir wiesen nach, dass der Gletscher unter sich Material bergan schaffen kann, was das Wasser nie bewirkt. Das Wasser kann seine erodirende Thätigkeit nur soweit entfalten, als es mit seinem Ge-

Digitized by Google

fälle vereinbar ist. Es erzeugt daher ein Bett mit konstanter Neigung, einen Lauf mit durchaus gesetzmässigem Gefälle. Das Eis hingegen vermag Material bergan zu schaffen, wie zahlreiche Beispiele beweisen. Seine erodirende Thätigkeit wird nicht durch seine transportirende im Zaume gehalten. So sehen wir denn, dass ein Gletscherbett kein kontinuirliches Gefälle besitzt, sondern in seinem unteren Ende bergan steigen kann. Aber das erwähnte sehr bedeutende und vollkommene transportirende Vermögen des Eises gestattet noch eine weitere Entfaltung von dessen erodirender Wirkung. Es ermöglicht ihm, in den verschiedenen Theilen seines Bettes verschieden stark zu erodiren, je nach der Widerstandsfähigkeit seines Grundes. Es gestattet ihm, die härteren Gesteine seines Bettes aus den weicheren gleichsam heraus zu präpariren, was rinnendes Wasser nur soweit kann, als es mit seinem konstanten Gefälle vereinbar ist, und während sich die erodirende Thätigkeit des Wassers auf die Entfernung einer Barre koncentrirt, kann sich eine solche in einem Gletscherbette, falls ihr eine hohe Resistenzfähigkeit zukommt, erhalten. Ein Gletscher kann daher etwaige Unregelmässigkeiten seines Bettes erhalten, konserviren, nicht aber weil er nicht erodirt, sondern weil er seine erodirende Wirkung nicht ausschliesslich auf jenes Hinderniss richtet. So kann einerseits ein Gletscher Unregelmässigkeiten in seinem Bette erzeugen, andererseits solche konserviren. Dementsprechend werden die Gletscherbetten nicht die Regelmässigkeit von Strombetten besitzen können, und ihr Gefälle wird keine mathematisch bestimmbare Kurve sein.

Ein weiterer Unterschied zwischen der Erosion durch flüssiges und gefrorenes Wasser besteht in der Art und Weise, wie beide in Wirkung treten. Das flüssige Wasser koncentrirt sich auf den tiefsten Punkt des Thales, und hier allein erodirt es. Es arbeitet so ausschliesslich an der Tieferlegung des Thales, und schafft der Verwitterung neue Angriffsflächen. Erosion und Verwitterung wirken also gemeinsam an der Ausbildung des Thales. Anders das Eis. Dasselbe nutzt allerorts die Thalwände ab, und wird dabei nicht durch die Verwitterung unterstützt. Es entfaltet seine erodirende Thätigkeit über ganze Flächen, während sich das Wasser auf einzelne Linien beschränkt. Daher sehen wir, wie

Digitized by Google

durch die Gletschererosion weit ausgebreitete Ablagerungen, z. B. die der unteren Glacialschotter stellenweise gänzlich entfernt werden. Es dürfte also ein Gletscherbett stets einen anderen Querschnitt annehmen als ein Flussthal.

Welches Agens stärker erodirt, Wasser oder Eis, lässt sich theoretisch schwer sagen, und wird so lange unentschieden sein, als man nicht weiss, wie das Wasser erodirt, und welche Faktoren hierbei ins Spiel kommen, solange man nicht kennt, auf welche Weise der Gletscher seinen Untergrund abnutzt. Doch dürfte hierbei Eines wol zu berücksichtigen sein, nämlich die verschiedenen Massen, welche in Wirksamkeit treten. Das Wasser fliesst rasch dahin, in kurzer Zeit eilen grosse Mengen über einen bestimmten Punkt, ohne sich jedoch jemals in bedeutender Masse über demselben zu entfalten. Das Eis hingegen bewegt sich äusserst langsam; ein einfacher Vergleich zwischen einem Gletscher und einem Flusse lehrt, dass durch den ersteren in gleichen Zeiten weniger Wasser über einen bestimmten Punkt geschafft wird als durch den letzteren, eben weil das fliessende Wasser sich auf eine Stelle koncentrirt, während sich das Eis weit ausbreitet. Dahingegen entfaltet ein Gletscher über einem Punkte eine weit beträchtlichere Masse als je das fliessende Wasser. Man denke nur daran, dass die Mächtigkeit des Inngletschers bis über 1000 m anstieg, dass derselbe also auf einen Quadratmeter Fläche einen Druck von 1 Million Kilogramm ausübte. Sollte, was an und für sich nicht unwahrscheinlich, die erodirende Kraft eines Mediums dessen transportirender Fähigkeit entsprechen, so würden allerdings die Gletscher weit kräftiger erodiren als eine gleiche Menge fliessendes Wasser. Hiermit stehen die über die Grösse der Gletschererosion an heutigen Gletschern gewonnenen Ergebnisse in bestem Einklange (vergl. p. 202).

Ueberblicken wir nochmals die erodirenden Wirkungen des Eises und des flüssigen Wassers, so tritt uns eine Thatsache scharf ausgesprochen entgegen. Das Wasser wird in seiner erodirenden Thätigkeit beschränkt und geregelt durch seine mangelhafte transportirende Fähigkeit. Beim Eise ist dies nicht der Fall. Seine transportirende Kraft engt seine erodirende nicht ein, gestattet vielmehr deren freie Entfaltung. Die Grundfaktoren,

Digitized by Google

welche jede Erosion bedingen, können ungehindert in Wirksamkeit treten. Die Grösse derselben wird ausschliesslich bedingt sein durch den Grad der Festigkeit des Untergrundes, sowie von der Masse und der Schnelligkeit der Bewegung des erodirenden Mediums. Dementsprechend sehen wir auch in dem Maasse, wie die Gletscher sich vergrössern, ihre erodirende Kraft zunehmen. Da, wo sie alle ihre Zuflüsse gesammelt, am Austritte aus dem Gebirge, wirken sie am energischten, diese kräftige Aktion hält eine Strecke weit auf dem alpinen Vorlande an, erschlafft dann da, wo der Gletscher sich seinem Ende nähert, an Mächtigkeit schnell verliert und seine Bewegung verlangsamt. Es erhellt hieraus schon zur Genüge, dass die Gletscher sich andere Betten erzeugen werden als das rinnende Wasser. Aber ein Gletscher ist kein solches permanentes Gebilde wie ein Strom. Eine Vergletscherung ist ein rasch vorübergehendes klimatologisches Phänomen, und indem sie sich ausbreitet und wieder zurückzieht, verlegen sich fortwährend die Stellen, wo sie erodirt und anhäuft. Beim Anwachsen werden die Erosionsgebiete sich über die Anhäufungsbezirke ausdehnen, und das Umgekehrte wird beim Rückzuge stattfinden, und beide Vorgänge werden die ohnehin schon an und für sich unregelmässigen erodirenden und anhäufenden Wirkungen einer Vergletscherung noch mehr kompliciren.

Nachdem uns die Zusammensetzung und Entstehung der Grundmoräne bereits gelehrt hatte, dass die Gletscher wirklich erodiren, hat uns die Menge des während der Glacialzeit verfrachteten Materiales einen Einblick in die Grösse der Gletschererosion gegeben. Die Verfolgung der unteren Glacialschotter, was bisher noch nie unternommen, zeigt uns, in welcher Weise sich diese Erosion entfaltet hat. Thatsachen sind es, welche uns lehren, dass die Gletscher in einer ihnen eigenthümlichen Weise die Thalbildung fördern, und uns nicht dem Ausspruche von Rütimeyer[1]) zustimmen lassen: „Mit Vergletscherung wird Thalbildung stille gestellt. Gletscherperioden sind Ruhepausen, man möchte fast sagen, Puppenzustände in der Geschichte der Thäler.“ So ist es nicht. Gletscherperioden sind störende Ein-

[1]) Thal- und Seebildung. 1869. p. 24.

Digitized by Google

griffe in die Entwickelung der Thäler. Sie verletzen deren regelmässiges Gefälle, weil sie in anderer Weise erodiren als fliessendes Wasser. So beginnt allerdings nach jeder Vergletscherung die Thalbildung des rinnenden Wassers gleichsam wie nach einer Ruhepause von Neuem, um zunächst die geschaffenen Ungleichheiten wieder auszugleichen. Es erodirt die von den Gletschern angehäuften Materialien, es füllt die von denselben geschaffenen Vertiefungen aus.

Dreimal, sahen wir, ist unser Gebiet vergletschert gewesen. Dreimal entfalteten daher die Gletscher ihre erodirende und anhäufende Thätigkeit, dreimal brachten sie Unordnung in das regelmässige Gefälle der Thäler, und dreimal griff nach ihrem Verschwinden das rinnende Wasser ihre Wirkungen an. Wir haben daher anzunehmen, dass die centralen Depressionen des Gletschergebietes nicht das Werk allein der letzten Vergletscherung sind, sondern drei verschiedene Vereisungen arbeiteten an ihrer Herausbildung, und dreimal begann das rinnende Wasser ihre Zerstörung. In der That, konstatirten wir eben das jugendliche Alter der centralen Depressionen, so drängen uns nun auch Beweise für deren hohes Alter auf.

Zunächst lehrt die Verbreitung der diluvialen Nagelfluh, die wir als Anschwemmung der ersten Vergletscherung deuteten, dass zur Zeit ihrer Bildung schon centrale Depressionen bestanden haben, sonst würden wir sie hie und da in die Alpenthäler fortsetzen sehen. Ferner aber finden sich im Bereiche der centralen Depression ab und zu sehr alte Anschwemmungen, welche tiefer liegen als die alten Anschwemmungen des Gebirges und der Hochebene. Gümbel[1]) hat ein solches Vorkommniss bereits erwähnt. „Nur im Innthale dringt das Diluvialgeröll ganz in der Zusammensetzung des Hochebenengerölls bis tief in das Gebirge hinein, und in gleicher Weise wiederholt sich diese Erscheinung im Salzachthale Dort ragen am Biberberge bei Flinzbach in festen Geröllmassen die Diluvialgebilde weit südwärts ins Innthal hinauf." Das auf der Karte angegebene Niveau dieser Ablagerung lässt keinen Zweifel darüber, dass sie weit tiefer liegt als die Geröll-

---

[1]) Alpengebirge. p. 800.

Digitized by Google

massen der Hochebene und des Gebirges. Bemerkenswerth ist nun, dass diese Ablagerung eine beträchtliche Neigung nach Norden erkennen lässt, so wie sie einem Delta eigenthümlich ist, was GÜMBEL wenigstens von dem dem Biberberge analogen Salzburger Vorkommnisse ausdrücklich erwähnt. Zweifellos hat man es mit einem alten Delta an einem nicht mehr existirenden Seebecken zu thun; der Umstand, dass über Ablagerung Grundmoränen auftreten, welche Geschiebe des konglomeratisch verfestigten Gerölls enthalten, beweist, dass man es hier mit einer in Bezug zur letzten Vergletscherung präglacialen Bildung zu thun hat. Dieselbe lehrt uns, dass hier im Bereiche der centralen Depression des Inngletschers schon vor der letzten Vergletscherung ein Wasserbecken existirte. Da wir nun uns zu behaupten berechtigt fühlen, dass die Ausbildung der centralen Depressionen schon zur ersten Vergletscherung begann, so haben wir hier eine interglaciale Ablagerung vor uns, deren hoher Grad von Verfestigung uns muthmaassen lässt, dass sie schon während der ersten Interglacialzeit entstand. Wir fassen daher das Biberkonglomerat als ein Aequivalent der Breccien des Innthales, der Schieferkohlen des Algäu auf. Ganz dieselben Verhältnisse wiederholen sich, wie schon GÜMBEL hervorhebt, in der centralen Depression des Salzachgletschers bei Salzburg.

Auch einen weiteren Punkt möchte ich für das hohe Alter der centralen Depressionen geltend machen. Die nach denselben von ihrer äusseren Umwallung sich radial ziehenden Thäler sind schon durch die allgemeine Bodenkonfiguration angedeutet; sie scheinen mir die Spuren einer alten, in Beziehung zur letzten Vergletscherung präglacialen Dränirung zu sein.

Auf der einen Seite sehen wir die centralen Depressionen während der letzten Vergletscherung entstehen, auf der andern erkennen wir, dass sie schon früher existirten. Dieser Umstand wird uns zur schönen Bestätigung der Annahme mehrerer Vergletscherungen. Unsere Ansicht über die Wiederholung der Vereisungen findet hier in unerwarteter Weise eine neue Stütze, und diese wiederum befestigt uns in unseren Anschauungen über das Wesen der Gletschererosion.

Digitized by Google

Kapitel XXV.

Die Seen Südbayerns und Nordtirols.

Seenreichthum alter Gletschergebiete. Beschränkung der südbayerischen Seen auf das Moränengebiet. LÜDDECKE über Moränenseen. Eintheilung der Seen. Seen in gänzlicher oder theilweiser Abhängigkeit vom geologischen Bau der Gegend: Erosions- und Abdämmungsseen. Seen in Abhängigkeit vom geologischen Bau der Umgebung: Umwallungs-, Einsturz- und tektonische Seen. Verhältniss des rinnenden Wassers zur Seebildung. Gruppirung der Seen des Gebietes. Seen in den Alpen, am Fusse des Gebirges, auf der Hochebene. Einsturzseen in den Alpen (Eibsee), Abdämmungsseen (Achen- und Plansee), Gebirgsseen. Grosse Seen am Fusse des Gebirges im Erosionsgebiete, die kleinen im Anhäufungsgebiete der alten Gletscher. Moränenseen. Seenmangel in der äusseren Moränenzone. Erosionsseen: Würm- und Ammersee, alte Seen bei Wolfrathshausen. Alter dieser Seen. Murnauer Moos, Kochel-, Staffel- und Riegsee. Absperrung durch den Molasserücken. Walchensee. Unterbrechung der Seen im Isargebiete. Unregelmässige Vertheilung der Seen des Gebietes. Erlöschen der Seen. Periodicität der grossen Seen.

Alle alten Gletschergebiete sind durch grossen Seenreichthum ausgezeichnet. RAMSAY[1]) ist der Erste gewesen, welcher diese Thatsache erkannte, und kürzlich hat R. LÜDDECKE[2]) dieselbe in einer besonderen Schrift von Neuem darzulegen versucht. Es kann demnach kein Zweifel darüber herrschen, dass irgend welche ursächliche Beziehung zwischen der Ausbreitung der Gletscher und Entstehung der Seen besteht. Es rechtfertigt sich daher, den Seen des Gletschergebietes einen besonderen Abschnitt zu widmen.

In seiner rühmlichen Abhandlung über „die bayerischen Seen und die alten Moränen“ hat F. STARK[3]) bereits das sehr auffällige Zusammenfallen der Seen Südbayerns mit dem dortigen alten Gletschergebiete hervorgehoben. Er sagt: „Nirgends liegt ein See ausserhalb der ehemaligen Gletschergrenze, ja ausserhalb derselben ist nicht der kleinste Teich zu finden, der nicht durch Menschenhand gebildet worden wäre, während innerhalb derselben zahlreiche

[1]) On the Glacial Origin of certain Lakes in Switzerland. Quart. Journ. geol. Soc. London. XVIII. 1862. p. 185.

[2]) Ueber Moränenseen. Ein Beitrag zur allgemeinen Erdkunde. Inauguraldissertation. Halle 1881.

[3]) Zeitschrift des Deutschen Alpenvereins. Bd. IV. 1873. p. 72.

Digitized by Google

Seen und grössere und kleinere Teiche angetroffen werden.“ Ich kann dieses Ergebniss nur vollauf bestätigen, und möchte es sogar noch dahin erweitern, dass man nirgends ausserhalb des alten Gletschergebietes die Andeutung eines nunmehr erloschenen, d. h. trocken gelegten Sees findet. Ich muss dieses um so nachdrücklicher betonen, als ich während meiner Untersuchungen für das kgl. Oberbergamt in München, die mich ganz Bayern südlich der Donau kennen lehrten, nirgends in dem Aussergletschergebiete die Spur eines Sees entdeckte. Allerdings sieht man sowol im alten Gletschergebiete als auch ausserhalb desselben grosse Moore. Allein wenn man dieselben auch im Moränenbereiche als erloschene Seen ansehen darf, so ist es nicht gestattet, dasselbe von den übrigen Mooren der Hochebene zu behaupten. Diese letzteren sind sammt und sonders Thalmoore, sie werden bedingt durch einen ausserordentlich hohen Grundwasserstand; die Seen des Gletschergebietes hingegen sind durchweg Hochmoore. Sie liegen nicht in Thalflächen, sondern in abgeschlossenen Becken, und danken einer Ansammlung der oberflächlichen Gewässer ihre Entstehung. SENDTNER[1]) hat diese Unterscheidung der Moore auch in botanischer Hinsicht durchgeführt.

Ist nun auch in räumlicher Beziehung zwischen der Seeverbreitung und der Ausdehnung der alten Gletscher leicht eine Abhängigkeit zu erkennen, so darf doch nicht ohne Weiteres angenommen werden, dass diese Beziehung durchwegs dieselben Ursachen habe, sonst verfällt man in denselben Fehler, wie neuerlich R. LÜDDECKE, welcher als Moränenseen die verschiedenartigsten Gebilde zusammenfasst, ohne auch im entferntesten den Beweis ihrer Zusammengehörigkeit zu erbringen. Zweifellos ist durch die ungleiche Anhäufung von Gletschermaterial ein wesentlicher Faktor zur Seebildung gegeben, aber schon ein Blick in die von LÜDDECKE trotz des Mangels eigener Anschauung durchaus nicht ausgiebig benutzte Literatur lehrt, dass z. B. die Seen Skandinaviens, Finnlands und Canadas, welche LÜDDECKE als Moränenseen bezeichnet, gar nicht solche sind. LÜDDECKE stellt seine Ansicht in Gegensatz zu der von RAMSAY geäusserten See-

---

[1]) Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns. 1854. p. 617.

Digitized by Google

bildungstheorie. Er schreibt: „Schon RAMSAY[1]) hat auf den engen ursächlichen Zusammenhang zwischen Gletschern und Seen in allen Gletschergebieten, gegenwärtigen wie vorzeitlichen, hingewiesen; er erklärt diese Erscheinung so, dass er den Gletschern eine aushobelnde Kraft beilegte, vermöge deren sie Seebecken schufen." Ich kann an der von LÜDDECKE citirten Stelle zunächst nicht die angeführte Arbeit RAMSAY's finden. RAMSAY hat im Quart. Journal Bd. VIII zwar eine kleine Skizze der Driftablagerungen in Nord-Wales gegeben, in welcher ausgesprochen wird, dass manche Seen durch Moränen abgedämmt sind, aber von einer Aushobelung der Seebecken durch Gletscher ist nirgends die Rede. In der von LÜDDECKE citirten Arbeit RAMSAY's, welche einen Theil von BALL's Werke: Peaks, Passes and Glaciers bildet, und von DOLLFUS-AUSSET in den „Matériaux pour l'historie des glaciers etc., Bd. III. abgedruckt ist, schreibt hingegen RAMSAY den Gletschern zwar aushöhlende Wirkungen zu, aber von einem „engen ursächlichen Zusammenhang zwischen Gletschern und Seen in allen Gletschergebieten" wird keine Silbe gesagt. Diesen Gedanken spricht RAMSAY wieder an einer dritten Stelle[2]) aus, nirgends aber in seinen zahlreichen Publikationen hält er die Seen der Gletschergebiete für Gebilde derselben Art, vielmehr hat er stets betont, dass es neben den durch Glacialerosion entstandenen auch andere gebe, und ich muss der LÜDDECKE'schen Behauptung, dass RAMSAY solches thue, hier ebenso energisch widersprechen, wie oben der Aeusserung HEIM's, dass RAMSAY ein Anhänger der TYNDALL'schen Theorie sei.

Ehe wir die Beziehungen zwischen Gletscherverbreitung und Seebildung erörtern, haben wir zu untersuchen, welcher Art die Seen unseres Gletschergebietes sind. Es gilt dabei von Fall zu Fall zu entscheiden, welches Phänomen die Seen erzeugte. Unsere Aufgabe besteht daher nicht in Betrachtung der Landkarte, welche bisher die einzige Basis der vergleichenden Erdkunde gewesen zu sein scheint, sondern hat von einer natürlichen Systematik der Seen auszugehen und diese auf unsere Seen anzuwenden.

[1]) „RAMSAY: The Old Glaciers of North Wales im Quarterly Journal of the Geological Society of London; vol. VIII." (Citat von Lüddecke.)

[2]) On the Glacial Origin of certain Lakes in Switzerland. Quart. Journ. geolog. Soc. Vol. XVIII. 1862. p. 185.

Digitized by Google

Bei einer natürlichen Eintheilung der Seen hat es keine Tragweite, grosses Gewicht auf den Charakter ihres Wasserinhaltes zu legen. Derselbe bildet ein schwankendes Moment, Süsswasserseen salzen sich aus, Salzwasserseen verlieren ihren Salzgehalt. Das Stabile an den Seen ist der Umstand, dass sie allseitig umgrenzte Depressionen der Erdoberfläche sind, und will man die Entwickelung des stehenden Wassers auf der Erdoberfläche verfolgen, so muss man vor allem die Art der Depression ins Auge fassen. Dieselbe kann nämlich entweder gänzlich ausser Beziehung zum geologischen Bau ihrer Umgebung stehen, sie kann ferner eine theilweise Abhängigkeit von demselben erkennen lassen, oder endlich gänzlich durch denselben bedingt sein. Nach diesem Gesichtspunkte kann man versuchen die Seen zu gruppiren.

Gänzliche Unabhängigkeit vom geologischen Bau der Gegend können nur solche beckenförmige Vertiefungen aufweisen, welche sich entweder in horizontale oder geneigte Straten einsenken, ohne doch von denselben unmittelbar beeinflusst zu werden, welche also durch irgend welchen Vorgang ausgehöhlt worden sind. Man kann diese Seen als Erosionsseen bezeichnen. Sie sind Analoga zu den Erosionsthälern, und es wird zu zeigen versucht werden, dass sie grösstentheils die eigenthümlichen charakteristischen Produkte der Gletschererosion sind, während fliessendes Wasser nur da, wo es sehr strömt, oder aufprallt, wie bei Wasserfällen, rings abgeschlossene Becken erzeugen kann, welche doch immer klein und unbedeutend sind und kaum je einen See beherbergen.

In theilweiser Abhängigkeit vom geologischen Baue ihrer Umgebung stehen jene Seen, welche durch Abdämmung eines Thales oder eines Meerbusens entstehen. Ihre Bildung setzt immer die Existenz früherer Unebenheiten voraus, welche durch nachträgliche Ereignisse in eine Depression verwandelt worden sind. Je nach der Art dieses Ereignisses können die so entstandenen Depressionen eingetheilt werden. Dasselbe kann entweder in einer Anhäufung von Material oder in einer Bewegung des Bodens bestehen. Ein Fluss kann durch seine eigenen Anschwemmungen ein Seitenthal abdämmen (Achensee), oder umgekehrt kann ein Seitenthal durch die ihm entquellenden Schutt-

Digitized by Google

massen ein Hauptthal aufdämmen.[1]) Ein Strandwall kann einen Meeresarm abtrennen und in einen Binnensee verwandeln (Küstenseen), dasselbe können auch Dünen bewirken. Ein Gletscher kann ein Thal absperren und in einen See verwandeln (Märjelensee, Gletscher- oder Eisseen), oder er kann durch Anhäufung eines Moränenwalles einen Thalriegel erzeugen. Ein Lavastrom kann einen Thalzipfel in einen See umgestalten, und wie Schuttkegel, Muhrbrüche und Bergstürze zu seedämmenden Thalriegeln werden, können auch windbewegte Massen ein Thal in eine Kette von Seen zerlegen (Rosenkranzseen A. v. HUMBOLDT's.)[2]) Alle so entstandene Seen könnte man mit PESCHEL[3]) „SONKLAR'sche Seen" nennen, wenn es sich nicht empfehlen würde, an Stelle dieser wenig glücklichen Bezeichnung den Ausdruck Abdämmungsseen anzuwenden.

Schliesslich ist es denkbar, dass bereits vorhandene Unebenheiten durch Bodenbewegungen in Depressionen verwandelt werden. Eine plötzliche Niveauveränderung kann einen Damm quer durch ein Thal werfen, oder im Laufe langsamer Oscillationen kann der obere Theil eines Thales sich unter den unteren senken, und sich dadurch in eine Depression umgestalten. Dass die meisten Seen auf diese Weise entstanden, wird häufig behauptet. Es dürfte jedoch wünschenswerth sein, dies durch einige zweifellose Beispiele zu belegen; ich vermag keine solchen beizubringen.

Seen können endlich drittens in unmittelbarem Zusammenhang mit dem geologischen Bau ihrer Umgebung stehen und durch denselben bedingt worden sein. Ihre Existenz kann hier eine primäre oder sekundäre sein. Im ersteren Falle können sie z. B. durch die unregelmässige Anhäufung von Sedimenten entstanden sein; Wassermengen können sich zwischen unregelmässig angehäuften Flussanschwemmungen sammeln (manche Seen in Deltas), oder können durch wirr abgelagerte Moränenmassen eingedämmt werden (Moränenseen). Derartige Seen

[1]) Vergl. p. 163.

[2]) Centralasien. Bd. I. S. 515. Citirt in Peschel: Neue Probleme. 1876. p. 173.

[3]) Neue Probleme. 1876. p. 178.

Digitized by Google

stehen den Abdämmungsseen sehr nahe, allein ihre Existenz beruht lediglich auf der unregelmässigen Anhäufung von Sedimenten und setzt nicht vorher gegebene Bodenunebenheiten voraus. Man könnte solche Seen Umwallungsseen nennen.

Als unmittelbar abhängig vom geologischen Bau der Gegend, jedoch als sekundären Ursprungs haben auch die Einsturzseen aller Art an dieser Stelle Erwähnung zu finden. Hierher gehören die Einsturzseen der bayerischen Alpen (Eibsee), sowie auch die Kraterseen und in gewisser Hinsicht auch die Mare. Seen, welche auf thonigem Boden entstehen (zahlreiche Teiche in Franken, Wasserbecken in tropischen Zonen), werden hier wol am passendsten untergebracht. In ihrer Erscheinungsweise erinnern die Einsturzseen häufig an Erosionsseen und dürften bisweilen von denselben schwer zu unterscheiden sein.

Vor allem möchte aber hier der Depressionen gedacht werden, welche durch ungleiche Bewegung des Bodens entstehen und insbesondere bei der Faltung der Gebirge gebildet werden. Der trasimenische See und mehrere andere mittelitalienische Becken dürften vielleicht solchen Umständen ihre Existenz danken, möglicherweise auch der Titicaca See zwischen den beiden Andenketten. Dagegen dürfte die Existenz von Spaltenseen und Verwerfungsseen, welche bisher mit grosser Vorliebe überall angenommen wurden, einstweilen noch zu beweisen sein, ich kenne keine einzige Wasseransammlung, welche direkt durch Dislokationen bedingt ist, und weiss auch unter den heutigen Phänomenen kein einziges Beispiel einer klaffenden Spalte, irgend einer Zerreissung der Erdkruste. Die vielen Fälle, welche in dieser Weise erklärt werden, lassen durchwegs eine andere Deutung zu.

Einer ungleichen Bewegung der Erdkruste sind schliesslich wol auch jene ausgedehnten Depressionen zu danken, welche sich am Boden der Oceane finden. Denkt man sich den Meeresgrund allmählich, aber gleichmässig gehoben, so werden diese Depressionen in Binnengewässer verwandelt werden und als Seen erscheinen. Sollten die grossen Seen des äquatorialen Afrika, jene lebenden Pendants zu den tertiären Binnenmeeren Europas, vielleicht Unebenheiten eines früheren Meeresgrundes sein? Seen,

Digitized by Google

welche solchergestalt der Bewegung des Bodens ihren Ursprung danken, könnte man als tektonische bezeichnen.

Indem ich diesen Versuch einer natürlichen Gruppirung der Binnenseen beschliesse, möchte ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass rinnendes Wasser unmittelbar fast nie Seen erzeugt, sondern der Seenbildung vielmehr überall entgegenarbeitet. Thäler, in welchen Wasser strömt, lassen sich nicht dauernd, sondern nur temporär absperren, und im Allgemeinen werden Bodenbewegungen nur dort Depressionen erzeugen können, wo sie an Intensität die Wirkungen des fliessenden Wassers übertreffen. So sehen wir in unserem Klima nirgends Depressionen durch Bodenbewegung entstehen, in Europa ist die Niederschlagsmenge zu gross; wo dagegen die jährliche Regenmenge nur eine geringe ist, wo daher die erodirende Thätigkeit des Wassers sich nicht entfalten kann, begegnen wir grossen Depressionen verbunden mit Seebildung. Centralasien ist hierfür ein glänzendes Beispiel. Das Herz des Kontinentes birgt weit ausgedehnte isolirte Senkungen, weil das Wasser nicht der Bewegung des Festen entgegenarbeitete. Wir sehen endlich, wie unter einer Decke stehenden Wassers die Bewegungen der Erdkruste auch zur Beckenbildung führen, davon unterrichten uns die Tiefenstellen der Oceane; und submarine Thäler, wie Buchten und Baien, sind leicht einer Umwandlung in Depressionen ausgesetzt, weil in ihnen keine belebte Wasserader an der Fortschaffung sich aufwerfender Barren arbeitet. Die Seen- und Beckenbildung ist wesentlich abhängig von der Gegenwart oder Abwesenheit des fliessenden Wassers, und die Seen werden, wie Peschel mehr fühlte als durch Thatsachen bewies, zu einem klimatologischen Phänomen.

Unser Gebiet ist reichlich mit Seen ausgestattet. Allein schon ein Blick auf eine Specialkarte lehrt die ungleiche Bedeutung dieser einzelnen Seen kennen. Neben einigen sehr grossen Seen finden sich zahlreiche kleinere, oft nur Weiher oder Teiche, oder gar nur Tümpel, welche gemeinhin wegen ihrer Kleinheit auf den gewöhnlichen Karten fehlen. Weiter lehrt die Karte, dass diese Seen höchst ungleich vertheilt sind. Im Gebirge fehlen sie im Allgemeinen, hier und da nur kommen kleine, unbedeutende Wasseransammlungen vor, bloss drei grössere Seen liegen in den nord-

Digitized by Google

tiroler und bayerischen Kalkalpen; es sind dies der Achen-, Plan- und Eibsee, deren schon gedacht worden ist. Den Centralalpen fehlen grössere Wasseransammlungen durchweg. Erst dicht am Rande des Gebirges stellen sich reichlich grössere Seen ein. Der Ausgang einer Reihe von Alpenthälern ist charakterisirt durch Seen. So liegen der Schliersee, Tegernsee, Kochelsee und Walchensee in grossen Thalzügen, welche die Kalkalpen durchsetzen, dicht am Rande des Gebirges, erstrecken sich sogar ein Stück aus demselben heraus, und ausgedehnte Moorflächen bei Rosenheim, Murnau und Füssen sind die unbestreitbaren Reste von Seen, welche sich einst am Ausgange des Inn-, Loisach- und Isarthales oft weit in die Hochebene hinaus erstreckten. Zwei grosse Seen liegen ferner auf dem nordalpinen Vorlande, weit vom Gebirge entfernt; es sind dies der Ammer- und Würmsee, zwischen beiden vermitteln jedoch je zwei kleinere Seen, der Staffel- und Ostersee, eine Verbindung mit zwei Randseen der Alpen, nämlich dem erloschenen Murnauer See und dem Kochelsee. Eine Reihe von Erscheinungen deutet schliesslich darauf, dass östlich des Würmsees einst zwei ziemlich grosse parallele Seen bestanden haben, welche durch die Isar miteinander verbunden und trocken gelegt worden sind. Nördlich von jenen grossen Seen, welche sich aus den Alpenthälern heraus bis auf die Hochebene erstrecken, findet sich nun eine Zone, welche ausgestattet ist mit einer ganz erstaunlichen Fülle kleiner Wasserbecken, welche voller Weiher, Teiche und Tümpel ist. Die in den zwanziger Jahren aufgenommenen Blätter der topographischen Karte Bayerns verzeichnen eine mehr, als heute existiren, dieselben sind in 50—60 Jahren erloschen, und zwar meist durch künstliche Entwässerung trocken gelegt. Dieser Umstand lehrt, dass jene kleinen Seen seicht sind, während die grossen sich durch eine stattliche Tiefe auszeichnen.

Die drei grösseren Wasseransammlungen des Gebirges haben wir bereits betrachtet. Wir haben erkannt, dass der Achen- und Plansee in ursächlicher Beziehung zur Eiszeit stehen. Sie sind durch Glacialschotter abgedämmte Thäler, also Abdämmungsseen. Den Eibsee hingegen vermochten wir nur als Einsturzsee zu deuten, gleich den sieben kleinen Seen des Fernpasses. Ich bin geneigt, ein Gleiches von vielen jener kleinen Seen anzunehmen, welche im

Digitized by Google

Gebiete des Hauptdolomites auftreten und sich häufig hoch oben am Thalgehänge finden. Vielleicht gilt dasselbe auch vom Spitzingsee. Andere kleine Seen und Tümpel des Gebirges sind durch Schuttkegel aufgestaut, andere wieder durch Flussanschwemmungen abgesperrt (vergl. pag. 163). Es lässt sich wol von allen diesen kleinen Wasseransammlungen behaupten, dass sie ausser Beziehung zur Vergletscherung stehen und nur untergeordnete postglaciale Dependenzen des Gebirges sind. Sie sind die Folge der durch die grellen Höhenunterschiede bedingten Entfaltung lokaler Ereignisse, reine Kinder des Gebirges. Es bleiben nun noch die Seen am Rande des Gebirges und auf der Hochebene. Ueberblickt man dieselben nach ihrer geographischen Entwickelung, so gewahrt man sofort, dass die grossen und kleinen Seen zusammengehörige Komplexe bilden, und zwar fallen die grossen Seen in das Bereich der centralen Depressionen, die kleinen hingegen in die Grenzen der unverletzten Moränenlandschaft. Schon diese rein geographische Beziehung lässt einen genetischen Zusammenhang muthmaassen. Im Bereiche der centralen Depression erodirte der Gletscher, seine eigenartige erodirende Fähigkeit bewirkt eine Beckenbildung; die Seen nun sind wassererfüllte Becken, es liegt nahe, dass dieselben ein Werk der Gletschererosion sind. In der Zone der Moränenlandschaft häuft der Gletscher in unregelmässigster Weise Material an, er gibt dadurch Gelegenheit zur Becken- und Seebildung. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dass jene kleinen Seen durch Moränen aufgestaut sind, dass sie Moränenseen sind.

Die Eigenschaften der grossen und kleinen Seen bestätigen in vollkommener Weise die Beziehungen, welche ihre geographische Lage erkennen lässt.

Man braucht nur die Zone der unverletzten Moränenlandschaft zu durchwandern, um einzusehen, dass die kleinen Seen derselben durch die unregelmässige Anhäufung des Gletschermateriales bedingt sind. Man findet häufig zwischen den Moränenwällen kleine Wasseransammlungen, die bald als See, bald als Teich bezeichnet werden; nicht minder häufig sind kleine Moose und Filze, augenscheinlich alte erloschene Seen. Ringsum sieht man nichts als Moränenmaterial. Es gehört eben zu den bezeichnendsten Zügen der Moränenlandschaft, dass sie voller

Digitized by Google

Seen ist. Aber alle diese Seen sind klein und seicht; wie erwähnt, sind in den letzten 60 Jahren bereits mehrere erloschen, und die zahlreichen Moore bekunden ihre frühere grössere Entwickelung. Sie sind rasch vergängliche Phänomene, wie denn überhaupt die Unregelmässigkeiten der Moränenlandschaft fortwährend den erodirenden Wirkungen des Wassers ausgesetzt sind, und binnen, geologisch gesprochen, nicht allzulanger Zeit ausgeglichen sein werden. Dann werden auch die kleinen Seen verschwunden sein.

Eine der auffallendsten Eigenthümlichkeiten der äussersten Moränenzone ist der Umstand, dass sie völlig frei von Seen ist. Also nicht das ganze Gletschergebiet ist durch Seenreichthum ausgezeichnet. So weit sind die orographischen Züge der äussersten Moränen verwischt, dass man in ihnen nicht einmal mehr Moose und Filze antrifft. Nur ein Einziges macht hiervon eine Ausnahme. Es ist das Haspelmoor zwischen München und Augsburg, welches sich als ein einsamer Ueberrest des unregelmässigen Moränengebietes der zweiten Vergletscherung erhalten hat. Dieser Umstand ist ein neuer Beweis für das hohe Alter der äussersten Moränenvorposten, ferner aber bestätigt er, dass das Seenphänomen auch nur ein vorübergehendes in der Geschichte der Alpen ist.

Nicht minder evident aber als die Abhängigkeit der kleinen Seen von der Vergletscherung ist die der grossen. Wie die ersteren den anhäufenden Wirkungen des Eises ihren Ursprung verdanken, so sind die letzteren durch dessen Erosion bedingt. Es lässt sich nämlich nachweisen, dass sie echte Erosionsseen sind, und dass sie erst während der letzten Vergletscherung erodirt worden sind. Sie fallen ihrer Lage nach räumlich, ihrer Entstehung nach zeitlich zusammen mit der Entwickelung der Gletscher und darauf hin dürfte nicht zu zweifeln sein, dass sie durch dieselben geschaffen wurden.

Ungemein leicht ist zu erkennen, dass die beiden grossen Seen der Hochebene Erosionsseen sind. Unter den Moränen des alten Isargletschers, in dessen Bereich jene Seen fallen, findet sich die Decke der diluvialen Nagelfluh, und unter dieser wieder lagert das Tertiär. Alle diese Formationen lagern völlig ungestört, was sich namentlich leicht von der diluvialen Nagelfluh erweisen lässt, deren Bänke sanft in nördlicher Richtung einfallen. Ammer- und

Digitized by Google

Würmsee sind nun in dieses Schichtensystem eingesenkte Vertiefungen.

Der Würmsee (Starnberger See) fällt nur theilweise in das Bereich der diluvialen Nagelfluh. Nur seine nördliche Hälfte ist in die Decke derselben eingesenkt. Sie streicht hier an seinen Ufern aus, meist jedoch unter so mächtiger Moränenbedeckung, dass sie nur lokal wahrzunehmen ist. Nahe dem Nordende des Sees tritt sie jedoch bei Starnberg zusammenhängend zu Tage, die Würm durchbricht sie in einem durch Schotter theilweise erfüllten Thale. Die Schwelle des Seeabflusses wird aber von Tertiärmergel gebildet. Der See senkt sich also durch die diluviale Nagelfluh, welche an seinen Ufern in ungestörter Lagerung auftritt, bis tief in die tertiäre Unterlage. Er steht somit ausser Beziehung zum geologischen Baue der Gegend; er ist ein Erosionssee, was schon von Desor geäussert worden ist.

Der Spiegel des Ammersees liegt etwas tiefer als der des Würmsees. Die diluviale Nagelfluh streicht über ihm aus, seine Ufer fallen in das Niveau des Tertiärs, welches allerdings meist unter Moränen verhüllt ist. Der Seeabfluss, die Ammer, schneidet nun bei Fürstenfeldbruck in das Tertiär ein, in einem Niveau, welches hoch über dem Seegrunde liegt. Der See ist also eine tief in das Tertiär eingesenkte Vertiefung, welche keinerlei Abhängigkeit von dem geologischen Baue der Gegend erkennen lässt. Auch er ist ein Erosionssee.

Auch die beiden alten Seebecken, welche in der Gegend östlich vom Würmsee existirt haben, sind Erosionsseen gewesen. Die Spuren derselben sind ziemlich verwischt und können nur auf sehr genauen Karten verfolgt werden. Der eine derselben erstreckte sich von Eurasburg über Wolfrathshausen nach Schäftlarn, und wurde durch das heutige Isarthal entwässert, der andere von Königsdorf über Ascholding bis Deining, und wurde durch das Gleissenthal dränirt. Beide Seen sind erloschen, vermuthlich ausgefüllt durch die Isar, welche heute in jenem Gebiete mächtig Schotter anhäuft und gleichsam eine Aufstauung der Loisach bewirkt (vergl. pag. 164). Auch diese Becken sind eingesenkt in die Decke der diluvialen Nagelfluh, das westliche durchweg sogar bis ins Tertiär; sein Abfluss durchschneidet eine Tertiärbarre,

Digitized by Google

während der erloschene des östlichen sich nur bis in die Decke der diluvialen Nagelfluh eingrub und das Gleissenthal erodirte.

Es erhellt aus diesen Angaben wol zur Genüge, dass die grossen Seen der Hochebene Erosionsseen sind. Sie waren noch nicht vorhanden, als die Decke der diluvialen Nagelfluh abgelagert wurde, sonst wären sie durch das Material derselben ausgefüllt worden und würden nicht in dieselbe einschneiden. Auch ist nicht etwa denkbar, dass sie die Betten jener Gletscher waren, deren Schmelzwasser die diluviale Nagelfluh absetzten, sodass sie während der Ablagerung dieser letzteren konservirt wurden. Einerseits ist diese letztere an den Ufern der Seen völlig frei von gekritzten Geschieben, die unter obiger Annahme zu erwarten wären, und sie erweist sich als rein torentielles Gebilde. Andrerseits aber senkt sich die Decke der Nagelfluh an den Seeufern um 100 m, was mit obiger Voraussetzung ganz unvereinbar ist, und schliesslich ändert sich die Nagelfluh in Bezug auf ihre Zusammensetzung längs der Seen. Auch dies spricht gegen die Annahme, dass sie von Wassern abgelagert wurde, welche jenen die Seen erfüllenden Gletschern entströmten. Sind nun also die Seen zweifellos jünger als die Decke der diluvialen Nagelfluh, so sind sie doch bereits bei Schluss der letzten Vergletscherung fertig gewesen, Ihre Ufer sind mit Moränen überkleidet; ausgezeichnete Längsmoränen ziehen sich am Ammersee entlang, und dicht am Seeufer finden sich schräg geschichtete Kiese mit gekritzten Geschieben, als sicherster Beweis dafür, dass während des Abschmelzens der Vergletscherung schon Wasseransammlungen vorhanden waren. So lässt sich im Allgemeinen sagen, dass die Seen der Hochebene nach Ablagerung der diluvialen Nagelfluh und vor dem Schluss der letzten Vergletscherung gebildet worden sein müssen.

Für den Würm- und Ammersee lassen sich nun die Grenzen ihres Alters noch enger ziehen. Oberhalb des letzteren, bei Weilheim, finden sich untere Glacialschotter, am See selbst fehlen sie, und treten unterhalb desselben wieder auf. Sie bilden hier eine sehr mächtige Ablagerung, welche sich 25 m über den Seespiegel erhebt und von der Ammer nicht durchschnitten wird. Ganz dasselbe Verhältniss wiederholt sich am Würmsee. Oberhalb desselben liegen in der Gegend von Penzberg mächtige untere Glacialschotter, längs der

Digitized by Google

Seeufer fehlen dieselben, treten aber am unteren Seeende in 30 m Mächtigkeit an der Würm wieder auf. Es ist hieraus zu entnehmen, dass vor der letzten Vergletscherung an Stelle des Würm- und Ammersees zwar zwei Thäler existirten; aber die mächtige Entwickelung der Schotter am unteren Seeende lässt keinen Zweifel darüber, dass zur Zeit ihrer Ablagerung keine Seen in jenen Thälern bestanden. Unterhalb derselben hätten sich nämlich nicht so mächtige Glacialschotter anhäufen können. Unsere früheren Betrachtungen haben uns zur Erkenntniss geführt, dass die Bildung der unteren Glacialschotter erst mit der letzten Vergletscherung begann, und vor allem lässt sich aus der Zusammensetzung der Glacialschotter an beiden Seen mit Bestimmtheit entnehmen, dass sie erst abgelagert wurden, als die alpinen Gletscher bereits die Kalkalpen überschritten hatten. So waren denn sicher unmittelbar vor Eintritt der letzten Vergletscherung kein Ammer- und Würmsee vorhanden, sie sind jedoch nach derselben bereits fertig, können also nur während derselben entstanden sein.

Man möge nicht einwenden, dass die unteren Glacialschotter am Abflusse jener Seen sich erst gebildet hätten, nachdem der Gletscher den ganzen See ausgefüllt hatte. Unter dieser Annahme müsste die ganze Ablagerung jene charakteristischen Züge aufweisen, welche die Glacialschotter in der Nähe der Moränen besitzen, d. h. sie müssten ausserordentlich grosses Geröll enthalten und voller gekritzter Geschiebe sein. Aber weder das eine noch das andere ist der Fall. Die Schotter bestehen in ihren unteren Partien aus völlig gerundeten Geröllen, welche auf einen langen Transport durch fliessendes Wasser deuten, dabei liegen sie aber hoch über den Seen und in unmittelbarster Nähe von derem unteren, vertorften Ende. Beide Phänomene lassen sich nur durch die Annahme erklären, dass einst da, wo die Seen sich heute ausdehnen, Schottermassen existirten.

Den Ostersee im Süden des Würmsees habe ich nicht besucht, kann also über seinen Charakter nichts sagen. Derselbe erscheint jedoch wie ein vom Würmsee losgelöstes Glied, und dürfte unter demselben Gesichtspunkte wie dieser letztere zu betrachten sein. Dagegen gewährte mir die Untersuchung der Umgebungen des Murnauer Mooses, des Kochel- und Staffelsees reich-

Digitized by Google

lichen Aufschluss über den Charakter und das Alter dieser Seebecken.

Im Süden des Würm- und Ammersees finden sich die unteren Glacialschotter in höchst beträchtlicher Entwickelung. Dieselben lassen sich unter einer sehr mässigen Bedeckung von Grundmoränen bis an den Fuss der Alpen verfolgen, wo an ihrer Sohle das früher erwähnte Kohlenflötz von Gross-Weil am Kochelsee auftritt. Sie liegen völlig ungestört und lassen meist ein deutliches Einfallen nach Nord erkennen, ganz so wie es entsprechend der Ansicht sein muss, dass die unteren Glacialschotter am Fusse der Alpen einst flache Schuttkegel gebildet haben. Ihr Material trägt die deutlichen Spuren von langanhaltender Wasserwirkung. Die einzelnen Gerölle sind wolgerundet und stark abgewaschen, schwach abgenutzte Rollsteine oder gekritzte Geschiebe, welche auf einstige Nähe des Gletschers deuten würden, fehlen. In diese im Mittel über 50 m mächtige Ablagerung von Schottern sind nun der alte erloschene Murnauer See, der Kochelsee, sowie vor allem der Staffelsee nebst dem kleinen benachbarten Riegsee eingesenkt. An den Ufern dieser Seen streichen die unteren Glacialschotter in fast horizontalen, nur schwach nach Nord geneigten Schichten aus, die Seen erscheinen in Bezug auf sie als Erosionsseen. Folgende Angaben mögen dies näher begründen.

Wo das Loisachthal aus dem Gebirge heraustritt, dehnt sich das weite Murnauer Moos aus. Dasselbe ist unzweifelhaft ein altes Seebecken. Dies bezeugen postglaciale Schotter mit Delta-Aufbau am Wege von Murnau nach Schweiganger. Nachdem die Loisach diesen erloschenen See durchströmt hat und den Molasserücken erreicht, welcher denselben absperrt, wendet sie plötzlich die Richtung ihres Laufes und fliesst ostwärts an jenem Rücken entlang in engem Thale dem Kochelsee zu. Sie legt hier bis zu einer Tiefe von 70 m das Material jener Erhebung bloss, welche sich zwischen Murnauer Moos und dem Kochelsee erstreckt. Dieselbe besteht, wie am Südufer des Flusses zu sehen, lediglich aus den unteren Glacialschottern, welche sowol gegen das Murnauer Moos, als auch gegen den Kochelsee scharf abschneiden und hoch über derem Niveau ausstreichen. Dies lässt sich nicht anders erklären, als dass die Ablagerung sich früher nach beiden See-

Digitized by Google

becken zu weiter erstreckte. Vor allem ist zu beachten, dass sich unterhalb des Murnauer Mooses nie ein 50 m mächtiges System alpiner Schotter ablagern konnte zu einer Zeit, als das Becken schon existirte, denn dasselbe liegt gerade an der Stelle, welcher allein die Wasser, welche die Schotter ablagerten, den Alpen entströmen konnten. Es müssen also einst an Stelle des Murnauer Mooses untere Glacialschotter sich erstreckt haben. Dass dieselben sich auch an Stelle des Kochelsees ausdehnten, erhellt deutlich aus ihrem Vorkommen am nordwestlichen Theile des Seebeckens. Sie treten hier an den Ufern desselben zwischen Gross-Weil und Sindelsdorf auf, und allenthalben streichen sie hier über dem Seespiegel aus. Sie erscheinen als das Residuum einer bedeutenden Ablagerung, welche im Seegebiete erodirt ist. Alles dies führt zu dem einen Ergebnisse: Das Auftreten, die Zusammensetzung und die Lagerungsverhältnisse der mächtigen Schottermassen zwischen dem Murnauer Seebecken und dem von Kochel lassen sich nicht anders erklären als durch die Annahme, dass jene Schotter der Rest einer früher weit ausgedehnten Ablagerung sind, welche sich thalaufwärts über das heutige Murnauer Moos, thalabwärts über den jetzigen Kochelsee verbreitete. An Stelle jener Becken ist sie erodirt worden, erhalten blieb sie zwischen denselben, wo sie sich unter dem Schutz steil anstrebender Gehänge lagert, sowie lokal an derem Rande.

Nördlich vom Murnauer Moose und Kochelsee erhebt sich ein Rücken von Molasse. Jenseits desselben liegt der Staffelsee und östlich von diesem der kleinere Riegsee. Zwischen diesen beiden Seen, und zwar bis 50 m höher als sie, finden sich längs der Strasse von Murnau nach Spatzenhausen untere Glacialschotter, welche vollkommen horizontal lagern. Unweit des Bahnhofes Murnau sind dieselben dicht an den Ufern des Staffelsees durch grosse Gruben aufgeschlossen. Ihre horizontalen Schichten streichen deutlichst an den Seegehängen aus, und hierfür gibt es nur die eine Erklärung, nämlich die, dass die unteren Glacialschotter sich auch über jene Seen erstreckten, und dieselben in sie später eingesenkt worden sind.

Aus allen diesen Angaben erhellt, dass das Murnauer Moos,

Digitized by Google

der Kochel-, Staffel- und Riegsee jünger sind als die unteren Glacialschotter. Sie unterbrechen deren Ablagerungen augenscheinlich. Sie waren also kurz vor Eintritt der letzten Vergletscherung als Seen noch nicht vorhanden. Dagegen waren sie gegen deren Schluss schon fertig; denn es werden jene Seebecken gleichsam austapezirt mit Grundmoränen, welche diskordant den Ausstrich der unteren Glacialschotter überdecken. Sie können daher nur während der letzten Vergletscherung entstanden sein.

Auch betreffs der beiden nun noch übrigen Randseen der Alpen in unserm Gebiete kann man zu keinem anderen Ergebnisse kommen. Zwar erscheinen der Tegern- und Schliersee nicht in so ausgezeichneter Weise als Unterbrechungen der unteren Glacialschotter wie die eben betrachteten Seen, aber die Verhältnisse liegen doch klar genug da, um ein deutliches Bild gewähren zu können. Unterhalb beider Seen stellen sich nämlich mächtige Ablagerungen unterer Glacialschotter ein, die sich als Terrassen weit an der Mangfall und Schlierach verfolgen lassen, und welche an der erstern dicht am Tegernsee in höherem Niveau als dessen Spiegel anstehen. Es liegt also dasselbe Verhältniss vor, das wir bereits am Ausflusse des Würm- und Ammersees kennen lernten, und welches ich mir hier wie da nicht anders als durch die Annahme erklären kann, dass während Ablagerung jener Schotter die Seen noch nicht vorhanden waren. Existirten die Seen damals schon, so konnte unterhalb von ihnen nicht ein einziges alpines Gerölle abgelagert werden. Man denke nicht, dass diese Schwierigkeit gehoben ist, wenn man annimmt, dass die Seen von den Gletschern konservirt worden sind, welche Material über ihre Tiefe transportirten, und dass dieses erst am unteren Seeende dem Wasser anheim gefallen sei. In beiden Fällen sind es sehr mächtige Schottermassen, welche unmittelbar unterhalb der Seen auftreten, welche aber durch ihre Zusammensetzung nicht den geringsten Anhalt bieten, auf Ablagerung dicht vor einem Gletscher zu schliessen. Es finden sich durchaus nicht solche Verhältnisse, wie z. B. bei Wasserburg am Inn, welche eine nachbarliche Ablagerung der Moränen und Schotter erkennen lassen. Die Schotter sind vielmehr scharf von den Moränen getrennt, und sieht man am Tegernsee eine mächtige Schotterablagerung gegen den See hin abschneiden, so kann man

Digitized by Google

sich des Gedankens nicht erwehren, dass die Ablagerung sich einst weit in das Bereich des letzteren erstreckte.

So ist denn anzunehmen, dass auch der Tegern- und Schliersee nicht existirten, als die unteren Glacialschotter abgelagert wurden, also während des Herannahens der Vergletscherung. Aber auch sie sind am Schluss derselben vorhanden, Moränen umsäumen ihre Ufer, mächtige Wälle sperren sie nach Norden ab.

Die betrachteten Randseen erscheinen aber nicht bloss in Bezug auf die unteren Glacialschotter als Erosionsseen, sondern lassen auch sonst keinerlei Abhängigkeit vom Gebirgsbau erkennen, gleich den Alpenthälern, in welchen sie liegen. Allerdings zeigt ihre Lage insofern eine Abhängigkeit von der Zusammensetzung ihrer Umgebung, als sie in die Zone des Flysches fallen, und dies wird namentlich auffällig, wenn man bemerkt, dass der erloschene Murnauer und der Kochelsee sich genau nur bis an die Nordgrenze des Flysches, nämlich bis zur Molassenzone erstrecken. Dieselbe liegt wie ein Wall vor den Seen, und wo sie am Kochelsee eine eigenartige Biegung beschreibt, beschreibt die Seebegrenzung dieselbe mit. Man könnte hieraus vielleicht entnehmen, dass die betreffenden Seen durch Erhebungen der Molasse abgedämmt worden seien. Doch wenn man ihre Lage näher untersucht, so erkennt man, dass dies weder der Fall ist, noch je war. Allerdings sperrt der Molasserücken die Seen nach Nord ab, aber der alte Murnauer See kann nach Osten entwässert werden, ohne dass sein Abfluss ältere Gesteine zu durchschneiden braucht. Mächtige diluviale Schichten erstrecken sich an dessen Ufern. Das Thal also, welches heute den alten Murnauer See entwässert, war schon vor der letzten Vergletscherung vorhanden, und damals wie heute wurden die Wasser, welche den Alpen im Loisachthale entströmten, am Fusse des Gebirges in einem Längsthale zwischen Flysch- und Molassenzone ostwärts fortgeführt. Heute durchbrechen sie diese letztere unterhalb des Kochelsees. Ob dies früher auch schon gewesen, weiss ich nicht, jedenfalls lässt sich aber vom Kochelsee bis zum Isarthale bei Tölz ein Längsthal zwischen der Molassen- und Flyschzone verfolgen, welches mit diluvialem Material theilweise erfüllt ist. Möglicher-

Digitized by Google

weise entwässerte dies einst das Gebiet des heutigen Kochelsees nebst dem Loisachthale. Wenn also jetzt ein Molasserücken den alten Murnauer und den Kochelsee abzusperren scheint, so ist dies die Folge des Umstandes, dass diese Seen sich nur bis zu einem alten Längsthale erstrecken; keineswegs aber kann der Molasserücken als Ursache der Seebildung aufgefasst werden. Die Randseen der Alpen sind nichts anderes als Vertiefungen in Querthälern der Alpen, und lassen wie diese nur eine sekundäre Abhängigkeit vom Baue des Gebirges erkennen.

Wir haben nun noch des Walchensees zu gedenken. Es ist schwer, demselben einen richtigen Platz in der Geographie der Seen zu geben. Obgleich er rings von Bergen umschlossen ist, liegt er doch dem Rande des Gebirges so nahe, dass er als Randsee gelten kann. Er zeigt keinerlei Abhängigkeit vom Baue seiner Umgebung, ist daher jedenfalls auch ein Erosionssee, denn ihn als Einsturzsee zudeuten, liegt nicht der mindeste Grund vor. Ich möchte ihn daher als einen vom Rande des Gebirges wenig entfernten Randsee, und daher als Erosionsgebilde auffassen. Sein Alter konnte ich nicht bestimmen, vermag nur anzugeben, dass er nach Schluss der letzten Vergletscherung bereits vorhanden war.

Eine Musterung der grossen Seen am Rande des Gebirges und auf dem alpinen Vorlande hat uns gelehrt, dass dieselben sammt und sonders keine Abhängigkeit vom geologischen Baue ihrer Umgebung besitzen, weswegen sie als Erosionsseen zu gelten haben. Von den meisten konnten wir nachweisen, dass sie vor der letzten Vergletscherung nicht vorhanden gewesen sind, während sie alle nach derselben fertig vorliegen. Sie können also nur während derselben entstanden sein. Sie sind während derselben erodirt, und bei diesem zeitlichen Zusammenfallen kann an einer ursächlichen Verknüpfung nicht gezweifelt werden. Was die allgemeine Lage dieser Seen im Gebiete der centralen Depressionen andeutet, ist auch klar durch ihre Beziehungen zu ihrer nächsten Umgebung ausgesprochen. Die Annahme, dass sie Werke der Gletschererosion sind, erklärt in ungezwungener Weise ihre geographische Lage am Rande des Gebirges und vor demselben, sie erklärt ihre Beschränkung auf das Gletschergebiet, vor allem

Digitized by Google

aber ihre Abhängigkeit von dem Laufe der Querthäler, welche sich nicht nur darauf erstreckt, dass sie am Rande des Gebirges Vertiefungen in denselben bilden, sondern auch in deren ideeller Fortsetzung auf der Hochebene auftreten. Jene Alpenthäler waren die Betten gewaltiger Gletscher, welche sich vor dem Gebirge unabhängig von der bestehenden Bodenkonfiguration ausbreiteten und nicht den Bahnen der heutigen Entwässerung folgten. Jedes Thal entsandte einen eignen Eisstrom, welcher sein eignes Moränengebiet, seine eigne centrale Depression erzeugte. Wo sich, wie im Gebiete des Isargletschersystems, die einzelnen Eisströme untereinander parallel bewegten, erzeugten sie parallele Rinnen als centrale Depressionen; und als solche treten Ammer- und Würmsee entgegen. Wo sie dahingegen sich allseitig ausbreiten konnten, erzeugten sie ein breites Becken, wie ein solches vor Austritt des Innthales im Rosenheimer Moore vorliegt.

Auffällig mag nur auf den ersten Blick erscheinen, warum im Isargebiete jedes Gletscherbereich anstatt einer einzigen kontinuirlichen Rinne eine Reihe von Seen aufweist. So hat man im Loisachgletscherbereiche hintereinander das Murnauer Moos, den Staffel- und Ammersee; in der Bahn des nächstliegenden Eisstromes den Walchensee, Kochelsee, Ostersee und schliesslich Würmsee. Wenn nun jene Seen durch die betreffenden Eisströme erodirt worden sind, so drängt sich leicht die Frage auf, warum sie nicht miteinander zusammenhängen, warum der Gletscher nicht in fortlaufender Weise erodirte. Allein auch dieser anscheinend schwierige Punkt erklärt sich nicht nur in befriedigender Weise, sondern ist geradezu die naturgemässe Konsequenz der Gletschererosion. Man muss nur in Betracht ziehen, dass es der Molasserücken ist, welcher die Randseen von denen der Hochebene trennt. Südlich von ihm liegen der alte Murnauer See und Kochelsee, er bildet deren nördliche Grenze; nördlich von ihm erstrecken sich Würm- und Ammersee, und wo er bei Murnau am breitesten ist, ist ihm der Staffelsee aufgesetzt. Dieser Molasserücken ist, wie wir schon angedeutet haben, ein präglacialer Wall, welcher sich am Fusse der Alpen ausdehnt. Die Gewässer werden heute noch durch ihn abgelenkt, der Gletscher jedoch überschritt ihn. So stark man sich nun auch die erodirende Fähigkeit des Eises vor-

Digitized by Google

stellen mag, so wäre es doch sicher unrichtig zu verlangen, dass es alle ihm entgegenstehenden Hindernisse wegräumen müsste. Gerade das Gegentheil ist der Fall. Die erodirende Thätigkeit des Eises wird, wie wir oben sahen, nicht durch seine transportirende Fähigkeit geregelt und beschränkt. Es muss daher seine erosive Kraft, falls sich ihm Hindernisse darbieten, nicht wie das Wasser ausschliesslich auf deren Forträumung koncentriren. Seine vollkommneren transportirenden Fähigkeiten ermöglichen ihm auch oberhalb desselben zu erodiren. Dadurch wird die Barre gleichsam konservirt; denn indem das Eis ober- und unterhalb derselben sowie auf ihr erodirt, wird das Niveau des Gletscherbettes allenthalben tiefer gelegt, aber das Hinderniss nicht entfernt. Der Molasserücken ist ein solches Hinderniss. Der Gletscher hat oberhalb desselben, auf demselben und unterhalb desselben allenthalben erodirt, das Hinderniss ist dadurch nicht entfernt worden, seine Höhe ist nur erniedrigt, aber oberhalb und unterhalb desselben sind Becken entstanden. In ähnlicher Weise erklärt sich auch, warum Walchen- und Kochelsee nebeneinander gebildet werden konnten. Der von Mittenwald kommende Zweig des Inngletschers drang in das Thal der Jachenau ein, überschritt dann den Kesselberg und ergoss sich in das Kochelsee-Thal. Allenthalben erodirte er. Er vertiefte das obere Thal der Jachenau zu einem Becken, dem heutigen Walchensee, er erniedrigte den Kesselberg, ohne ihn abzutragen. Es muss als eine ganz allgemeine Regel gelten, dass wenn ein Gletscher in einem grossen Querthale mehrere Längsthäler kreuzt, er deren Boden, soweit sie in seiner Bahn liegen, allenthalben in Becken verwandelt, falls jene Längsthäler eben durch sich selbst und nicht durch das fragliche Querthal entwässert werden.

Die Ausbildung von Becken oberhalb des Molasserückens ist nun durch einen Umstand noch besonders begünstigt worden. Es dehnen sich hier die weichen Flyschgesteine aus, welche ungleich leichter und rascher der Erosion anheimfallen als die nördlich vorliegenden Molassegesteine. Sie sind daher auch stärker von der Glacialerosion angegriffen worden als diese letzteren, und so erklärt sich denn, warum die Randseen der bayerischen Alpen

Digitized by Google

sich vorzugsweise auf das Gebiet der Flyschzone beschränken. Dies gilt namentlich von dem erloschenen Lechsee bei Füssen, dem Murnauer Moose, dem Kochelsee, Tegern- und Schliersee, während der alte Innsee bei Rosenheim sich allerdings weit in die Molassenzone erstreckt.

Das Studium der grossen Seen des Isargletschers gibt einen guten Einblick in das Wesen der Gletschererosion. Es zeigt, inwiefern dieselbe von der Bodenkonfiguration und Bodenbeschaffenheit abhängig ist, und zu welchen Wirkungen die Gletscher da führen, wo sie sich unabhängig von den Thalzügen verbreiten. Sie lehren, dass die Seebildung nur ein Theil der Gletschererosion ist. Das Gebiet der centralen Depressionen braucht nicht durch einen einzigen See ausgezeichnet zu sein, und braucht nicht aus einer fortlaufenden, ununterbrochenen Vertiefung zu bestehen. Die centralen Depressionen sind in ihrer Lage und Ausdehnung abhängig von der Entwickelung der Gletscher, von der gegebenen Bodenkonfiguration und Bodenbeschaffenheit.

Wenn man die Erosionsseen Südbayerns mustert, findet man, dass sie, soweit sie unserem Gebiete angehören, sich ausschliesslich auf das Bereich des alten Isargletschers beschränken, während sie im Inn- und Lechgletscher fehlen. Jedoch auch hier haben früher Seen existirt. Schon Weiss[1]) hat versucht, die nunmehr erloschenen grossen Seen Südbayerns wieder zu restauriren, und in der That finden sich Spuren solcher in reichlichem Maasse. Am Ausgange eines jeden Alpenthales begegnet man einem noch existirenden oder trocken gelegten See; so ist es von der Iller bis zum Inn. Es überrascht jedoch, dass man gerade vor den bedeutendsten Thälern keine Seen mehr findet, während vor den kleineren noch existirende auftreten. Inn, Leitzach, Isar, Loisach, Lech und Iller durchströmen entwässerte Seen, welche sich theils als weite Geröllflächen, theils, und zwar meist, als Moore repräsentiren. Man würde hierin vielleicht ein schwerwiegendes Argument gegen die Erosionstheorie erblicken. Man sollte meinen, dass am Ausgange der grössten Thäler die grössten und bedeutendsten Seen auftreten, welche am wenigsten geeignet sind, zu erlöschen. Allein die an-

[1]) Süd-Baierns Oberfläche nach ihrer äusseren Gestalt. 1820. p. 249.

Digitized by Google

geführte Thatsache gewinnt ein anderes Ansehen, wenn wir die existirenden Seebecken betrachten. Da ist der Schliersee; er liegt zwar in einem bedeutenden Thale, aber empfängt fast gar keinen Zufluss; denn die Aurach, die ihm zuzufliessen scheint, wendet sich dicht oberhalb des Sees plötzlich nach Osten. Da ist ferner der Tegernsee; ihm strömen in Rothach und Weissach nur unbedeutende Gewässer zu. Da ist endlich der Kochelsee, welcher zwar in der Richtung des bedeutendsten Querthales der bayerischen Alpen liegt, aber durchaus keinen Zufluss aus demselben erhält und nur durch die Loisach gespeist wird. Diese aber kann zuvor ihr Schottermaterial im Murnauer Moose zurücklassen, dennoch aber ist der Kochelsee an ihrer Mündung bereits gänzlich versumpft. Diese Erscheinung liefert den Schlüssel zum Verständniss des Ganzen: Die Seebecken, sehen wir, erhielten sich nur in jenen Thälern, wo ihnen wenig Schottermaterial zugeführt wurde. Sie sind da erloschen, wo grosse Flüsse unablässig an ihrer Ausfüllung und Tieferlegung ihres Abflusses arbeiten. Ausserdem aber muss noch in Betracht gezogen werden, dass dem grössten Strome nicht immer der grösste Gletscher entsprochen hat. Während die Gletscher des Isargebietes einen beträchtlichen Theil ihrer Masse in der Richtung des Thales von Mittenwald — Walchensee — Kochelsee vorwärts schob, erreichte nur ein kleiner Theil die Hochebene im eigentlichen Isarthale, welches heute die Gesammtwassermenge jenes Gebietes aus den Alpen herausführt.

So sind denn nicht nur die kleinen Seen des alten Gletschergebietes vergänglich, sondern auch die grossen Erosionsseen sind ephemerer Natur. Unablässig wird an ihrer Zerstörung gearbeitet, ihr Zufluss füllt sie zu, ihr Abfluss legt ihren Spiegel tiefer. Die grösseren Seen am Rande der Alpen unseres Gebietes sind bereits erloschen, und der bedeutendste noch existirende, der Kochelsee, ist in rascher Ausfüllung begriffen. Zwei grosse Seen haben sich noch auf der Hochebene erhalten. Auch diese sind schon stark reducirt. Der Ammersee hat viel von seiner ursprünglichen Ausdehnung verloren, obwol er erst seit postglacialen Zeiten von der Ammer durchflossen wird, und selbst der Würmsee, der keinen einzigen namhaften Zufluss erhält, ist bereits an seinem unteren und oberen Ende stark

Digitized by Google

versumpft. Allein erlöschen auch die Seen, der Charakter der Gegend, der sie angehören, bleibt erhalten. In grossen Zügen bewahren sich die Formen der centralen Depressionen der einzelnen Gletschergebiete, während die lokalen Seen derselben rasch erlöschen. Das Seephänomen ist nicht der ausschliessliche Ausdruck der Gletschererosion, es ist nur ein Beweis von deren geringem Alter, gleichsam ein gewisses Stadium in der Geschichte von deren Werken. Nicht die Seen allein also dürfen als Zeugen der Gletschererosion betrachtet werden.

Sind nun auch die grossen wie kleinen Seen alter Gletschergebiete vergängliche Zeugnisse eines grossen Ereignisses, so kommt den ersteren doch eine weit grössere Dauer als den letzteren zu. Nicht nur weil sie erhaltungsfähiger sind, sondern weil sie auch in so bestimmter Beziehung zur Vergletscherung stehen, dass sie bei deren Wiederholung von neuem an derselben Stelle entstehen können. Dies gilt namentlich von den Seen am Rande der Alpen, denn am Fusse dieses Gebirges musste bei jeder Vergletscherung, welche die Hochebene erreichte, erodirt werden. So erscheinen jene grossen Seen in gewissem Sinne als lang dauernde, bisweilen sich verjüngende Gebilde, aber nicht vermöge der ihnen inne wohnenden Unvergänglichkeit, sondern weil sie in bestimmter Abhängigkeit zu einem periodisch wiederkehrenden Ereignisse in der jüngsten Geschichte des Gebirges stehen. Sie sind nicht permanente, sondern periodische Erscheinungen in den Alpenthälern.

Kapitel XXVI.

Möglichkeit der glacialen Bildung von Seen.

Allgemeinheit des Seephänomens in den Alpen. Beziehung der grossen Seen zur Vergletscherung. Glacialer Ursprung der grossen Alpenseen ausgesprochen von DE MORTILLET und RAMSAY. TYNDALL's Erosionstheorie. Gegner der Erosionstheorie. Anhänger derselben. Physikalische Einwürfe gegen die Erosionstheorie. OLDHAM, ZÖPPRITZ, GURLT. Erodirende Thätigkeit der heutigen Gletscher. Aufwühlung des Vorlandes. Entstehung der Gletscherschliffe. Trübung der Gletscherbäche. Bildung der Grundmoränen. Wirkung der diluvialen Gletscher. Abtragung der Alpen und Skandinaviens. Vorsprünge in alten Gletscherbetten. Auflagerung der Grundmoränen auf lose Schichten. Bewegung des Eises in tiefen Lagen angezeigt durch den Gesteinstransport unter dem Eise.

In dem Seenreichthum Südbayerns erkennen wir die charakteristische Eigenthümlichkeit eines alten Gletschergebietes. Eine enge ursächliche Beziehung ergibt sich zwischen der Seebildung und der Gletscherausbreitung. Das Glacialphänomen Südbayerns ist aber nur ein Theil der grossen alpinen Vergletscherung, und wie wir Schritt für Schritt seine Analogien mit den Gletschererscheinungen anderer Theile der Alpen verfolgten, wie wir zunächst überall in den Alpen eine gleiche Entwickelung der alten Gletscher nachwiesen und dann einer dreimaligen Wiederholung der Vergletscherung begegneten, so ist auch anzunehmen, dass sich in den alten alpinen Gletschergebieten allenthalben derselbe Seenreichthum, dieselbe Vertheilung der Seen wiederholen wird wie in Südbayern, falls wirklich eine ursächliche Beziehung zwischen der Seebildung und dem Glacialphänomen existirt.

Solches ist in der That der Fall. Die alten Gletschergrenzen rings um die Alpen sind die Grenzen eines seenreichen Gebietes; innerhalb desselben begegnen wir wie in dem südbayerischen der Scheidung von grossen und kleinen Seen, und allenthalben ist es nur der Rand, nicht das Centrum des Gebirges, welcher durch Seen ausgezeichnet ist.

Schwärme kleiner Wasseransammlungen charakterisiren die alpine Moränenlandschaft. So ist es nicht bloss in Südbayern, so ist es häufig in der Schweiz, so ist es im Rhonebecken, wo der

Digitized by Google

Seenreichthum der Dombes in das alte Gletschergebiet fällt. Die Endmoränen Oberitaliens sind gleichfalls durch zahlreiche kleine Seen charakterisirt. Es herrscht auch unter den Geologen nicht der geringste Zweifel darüber, dass diese kleinen Wasserbecken der unregelmässigen anhäufenden Thätigkeit der alten Gletscher ihren Ursprung danken.

Weniger allgemein als die kleinen Seen sind in dem alpinen Gletschergebiete die grossen verbreitet. Dieselben zeichnen sich durch ihr meist geselliges Auftreten aus. Sie bilden förmliche Gruppen. Auf dem Nordabfalle der Alpen findet sich zunächst die oberösterreichische und salzburger Seengruppe, daran reihen sich weiter westwärts die südbayerischen, welche wir mit Ausnahme des Chiemsees[1]) sammt und sonders besprochen haben, weiter westlich kommen die zahlreichen schweizer Seen. Den Westalpen mangeln grössere Seen, es finden sich hier nur der See von Annecy und Bourget. Oberitalien ist durch eine Reihe grosser und sehr bedeutender Seen ausgezeichnet, während sich die Ostalpen nur durch die Gruppe der kärntener Seen auszeichnen.

Diese grossen Alpenseen besitzen nicht durchweg dieselbe Lage. Die oberösterreichischen Seen sind auf das Gebirge beschränkt und treten nirgends aus demselben heraus, wohingegen die südbayerischen nur am äussersten Rande des Gebirges liegen und sich weit in das nordalpine Vorland erstrecken. Ebenso verhält es sich mit den schweizer Seen. Nur der Wallenstädter-, Vierwaldstätter-, Thuner- und Brienzer-See liegen im eigentlichen Gebirge, während der Boden-, Züricher-, Hallwyler-, Sempacher- und auch der Genfersee vor den Alpen liegen, und die Neuenburger Seengruppe sogar am Fusse des Jura. Die beiden grösseren Seen Savoyens liegen in den Alpen. Ein Gleiches gilt von den oberitalienischen Seen. Sie dehnen sich in der Randzone des Gebirges aus und drängen sich nur um ein Weniges aus dem Gebirge heraus. Auch die kärntener Seen liegen im Gebirge.

Sehen wir nun von den beiden grossen Seen der Westalpen ab, da wir deren engere Beziehungen zur Vergletscherung nicht

---

[1]) Vom Chiemsee gilt Wort für Wort das vom Ammer- und Würmsee Gesagte.

Digitized by Google

kennen, obwol von de Mortillet[1]) deren glaciale Bildung behauptet wird; lassen wir ferner die Seen der Ostalpen ausser Betracht, da wir die Gletscherentwickelung dieses Gebietes noch nicht kennen, so spiegelt sich in der verschiedenen Entwickelung der Seen am Nord- und Südabfalle der Alpen genau die verschiedene Entfaltung des Glacialphänomens ab. Wie sich auf der Nordseite des Gebirges die Gletscher weit auf das Vorland hinausschoben, so erstrecken sich auch hier die Seen weit aus den Alpen heraus. In bezeichnender Weise lassen ferner die Seen des nordalpinen Vorlandes eine weitere Beziehung zur Gletscherentwickelung erkennen, nicht nur im Parallelismus der südbayerischen Seen, sondern auch in dem der Nordschweiz spiegelt sich der Parallelismus der Gletscherbewegung in diesen Bezirken; und wo in der Westschweiz der Rhonegletscher durch den vorgelagerten Jura nach rechts und links abgelenkt wurde, finden sich Seen, welche der Richtung der beiden Gletscherzweige folgen. Der Genfersee richtet sich in seiner unteren Partie nach dem Südzweige des Rhonegletschers, während die Neuenburger Seengruppe dem nördlichen Arme desselben folgt. Auf dem Südabfalle der Alpen, wo die Gletscher sich nur wenig weit aus dem Gebirge heraus erstreckten, beschränken sich die Seen auf die Alpenthäler. In unverkennbaren Zügen dokumentiren also die Seen der Nord- und Südalpen ihre Beziehungen zu den früheren Gletschern, und in der That ist auch mehrfach bereits ausgesprochen, dass sie Werke der Gletscher sind.

De Mortillet[2]) gebührt das Verdienst, dies zuerst verfochten zu haben. Er wurde zu dieser Ansicht vor allem durch den Umstand geführt, dass die Seen die Alpenthäler völlig absperren, sodass ein Gerölltransport aus denselben nicht möglich ist. Da sich nun unterhalb der Seen mächtige Massen präglacialer An-

[1]) Revue Savoisienne. 1860. p. 90. Stand mir nicht zur Verfügung.

[2]) Note géologique sur Palazzolo et le lac d'Iséo en Lombardie. Bull. soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 888. — Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes. Atti soc. ital. di sc. nat. III. 1861. p. 44. — Terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français. Bull. soc. géol. de France. II. S. t. XIX. 1861/62. p. 849—907. — Revue Savoisienne. 1860. p. 90.

Digitized by Google

schwemmungen finden, so könnten die Seen zur Zeit von deren Bildung nicht vorhanden gewesen sein. De Mortillet kam also auf geologischem Wege zur Annahme einer glacialen Bildung der grossen Alpenseen. Ramsay[1]) hingegen kam durch geographische Betrachtungen zu demselben Ergebnisse. Er suchte nachzuweisen, dass Seebecken da liegen, wo die Gletscher in erhöhtem Maasse erodirten. Er war daher der Meinung, dass die grossen Alpenseen das ausschliessliche Werk der Gletscher seien, während de Mortillet[2]) unter dem Einflusse Gastaldi's[3]) später seine Ansicht dahin abänderte, dass die tiefen Seebecken präglaciale Vertiefungen seien, welche durch präglaciale Anschwemmungen ausgefüllt und durch den Gletscher wieder ausgehöhlt worden seien. Nur von gewissen Seen des alpinen Vorlandes, denjenigen nämlich, welche von Desor als Erosionsseen bezeichnet wurden, nahm de Mortillet an, dass sie das ausschliessliche Werk der Gletscher seien.

Tyndall[4]) endlich ging noch weiter als de Mortillet und Ramsay. Er führte aus, dass nicht bloss die Alpenseen ein Werk der Gletscher seien, sondern dass auch sämmtliche Thäler durch das Eis ausgepflügt wären, und wenngleich durch eine einfache geologische Argumentation sich die Haltlosigkeit dieser sehr extremen Anschauung Tyndall's beweisen lässt, so kommt seinen Ausführungen erhöhter Werth deswegen zu, weil in denselben das Gletschereis vom rein physikalischen Standpunkte aus als ein höchst energischer erodirender Faktor hingestellt wurde.

Allein die Theorie von der Glacialerosion wurde lebhaft angefochten. Fanden Tyndall's weitgehenden Anschauungen über

---

[1]) The Old Glaciers of North Wales in Ball: Peaks, Passes and Glaciers. 1859. — On the Glacial Origin of certain Lakes in Switzerland. Quart. Journ. geol. Soc. London. XVIII. 1862. p. 185.

[2]) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti soc. ital. di sc. nat. V. 1863. p. 248.

[3]) Sulla escavazione dei bacini lacustri compresi negli anfiteatri morenici. Atti soc. ital. di sc. nat. V. 1863. p. 210.

[4]) On the Conformation of the Alps. Phil. Mag. IV. S. XXIV. 1862. p. 169. IV. S. XXVII. 1864. p. 255.

Digitized by Google

die Bildung der Alpenthäler durch RAMSAY[1]) selbst eine bestimmte Widerlegung, so wurden doch die Ansichten von RAMSAY und DE MORTILLET über die Bildung der Alpenseen sowol von den hervorragendsten Kennern der Alpen, als auch von den namhaftesten Geologen verworfen, und selbst die Möglichkeit der Gletschererosion wurde von Physikern in Zweifel gezogen.

BALL[2]) trat zuerst gegen RAMSAY, DE MORTILLET und TYNDALL auf. Von britischen Forschern schlossen sich ihm LYELL[3]), MURCHISON[4]), Herzog ARGYLL[5]), BONNEY[6]), FALCONER[7]) aus geologischen Gründen an. A. FAVRE[8]), OMBONI[9]), STUDER[10]), DESOR[11]), E. v. MOJSISOVICS[12]), STOPPANI[13]), neuerdings vor allem

---

[1]) The excavation of the valleys of the Alps. Phil. Mag. IV. S. XXIV. p. 377. Nov. 1862.

[2]) On the Formation of Alpine Valleys and Alpine Lakes. Phil. Mag. IV. S. XXV. 1863. p. 81. — On the Formation of Alpine Lakes. Phil. Mag. IV. S. XXVI. 1863. p. 489.

[3]) The geological evidences of the antiquity of man. London 1863.

[4]) Anniversary Address to the geographical Society. Proc. Roy. geogr. Soc. VIII. 1863/64. p. 221.

[5]) The anniversary address of the president. Quart. Journ. geolog. Soc. London. XXIX. 1873.

[6]) Lakes of the north-eastern Alps and their bearing on glacier-erosion theory. Quart. Journ. geol. Soc. London. XXIX. 1873. p. 382. Ebenda. XXX. 1874. p. 479.

[7]) Glaciers of the Himalayahs. Proc. Roy. geogr. Soc. VIII. 1863/64. p. 38. Controverse mit Jukes in „The Reader". 1863.

[8]) Sur l'origine des lacs alpins et des vallées. Archives bibl. univers. de Genève. XXII. 1865. p. 273. — Phil. Mag. IV. XXIX. 1865. p. 206. — Recherches géologiques. 1867. Bd. I. p. 201.

[9]) I ghiacciaj antichi etc. Atti soc. ital. di sc. nat. III. 1864. p. 232. — Sull' azione riescavatrice esercitata dagli antichi ghiacciaj sul fonde delle valli alpine. Atti soc. ital. di sc. nat. V. 1863. p. 259.

[10]) Sur l'origine de lacs suisses. Arch. bibl. univers. de Genève. XIX. 1863. p. 89. — Phil. Mag. 1864. IV. XXVII. p. 481.

[11]) Ueber die Entstehung der Alpenseen. Verhandl. d. schweiz. naturf. Gesellsch. 1863 in Samaden. p. 43.

[12]) Bemerkungen über den alten Gletscher des Traunthales. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt. XVIII. 1868. p. 303.

[13]) Corso di Geologia.

Digitized by Google

Rütimeyer[1]) und Heim[2]), ferner Charles Martins[3]), Falsan und Chantre[4]), Charles Grad[5]), Viollet-le-Duc[6]) und Andere sind die Alpengeologen und Glacialisten des Kontinentes, welche die glaciale Bildung der grossen Alpenseen ausdrücklich bestritten; während Lyell[7]), Bonney[8]) und Viollet-le-Duc[9]) wenigstens die Aushöhlung kleiner Seen oder Weiher durch Eis zugestanden. Im Norden fand die Theorie der glacialen Bildung der grossen Binnenseen und Fjorde bei schwedischen Geologen keinen Eingang; sie wurde in Norwegen von Kjerulf[10]) auf das Entschiedenste bekämpft, und Peschel[11]) verwahrte sich vom geographischen Standpunkte gegen dieselbe, er, sowie Reclus[12]), von

---

1) Ueber Thal- und Seebildung. Basel 1869.

2) Antheil der Gletscher bei Bildung der Thäler. Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. Zürich. 1875. XX. p. 205. — Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. 1878. Bd. I. Abschn. V.

3) Revue des deux mondes. 1875.

4) Étude sur les anciens glaciers du bassin du Rhône. 1880.

5) Sur le frottement des glaciers et érosions des Vallées. Comptes rendus Ac. Sc. LXXVIII. 1874. p. 759. Les Glaciers et l'origine des vallées. Ann. club alp. français. 1876. III. p. 474.

6) Le massif du Mont Blanc. 1876.

7) Students Manual of Geology. 1871. p. 164.

8) Geolog. Magaz. II. Dec. vol. III. 1876. p. 377.

9) Les lacs supérieurs. Annal. club alp. français. 1874. I. p. 277.

10) Norges forherskende Fjeldog Språkkesystemer. Univers. Progr. Christiania. 1871. p. 86. — Et Stykke Geografi i Norge. Kristiania Vidensk. Selsk. Forh. 1876. — Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin. 1879. XIV. p. 129. — Die Eiszeit. Sammlung gemeinverständl. Vorträge von Virchow und Holtzendorff. 1878. Zuerst erschienen als Istiden. Fra Videnskabens Verden. Kopenhagen. 1877. — Stenriget og Fjeldläran. 1878. p. 286. — Udsigt over det sydlige Norges Geologi. 1879. p. 258. — Fortsatte Bemärkninger om Reliefforholdene. Krist. Vidensk. Selsk. Forh. 1881.

11) Die Fjordbildungen. Ausland. 1866. Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde. 2. Aufl. 1876. p. 9. Vergl. auch Peschel-Leipoldt: Physische Erdkunde. Leipzig. 1879. p. 461.

12) Reclus-Ule, die Erde. 1876. Bd. II. p. 100. — Revue des deux mondes. 1867.

Digitized by Google

HOCHSTETTER[1]) und G. H. CREDNER[2]) meinen, dass Seen und Fjorde durch Gletscher konservirt seien. GURLT[3]), OLDHAM[4]), ZÖPPRITZ[5]) und Andere bestritten endlich aus physikalischen Gründen die Möglichkeit der Gletschererosion.

Allerdings fehlte es auch nicht an Entgegnungen von RAMSAY[6]) und DE MORTILLET[7]), und ersterer fand bald Zustimmung von Sir WILLIAM LOGAN[8]), HAAST[9]), NEWBERRY[10]) und JUKES[11]); ARCHIBALD[12]) und JAMES GEIKIE[13]) suchten ferner zu zeigen, dass die schottischen Binnenseen durch RAMSAY's Theorie erklärt werden könnten; CLIFTON WARD[14]) erklärte die Seen Cumberlands

---

1) HANN, HOCHSTETTER, POKORNY: Allgemeine Erdkunde. 3. Aufl. 1881. p. 335.

2) Verhandl. d. 2. Deutschen Geographentages. Halle. 1882.

3) Ueber die Entstehung der Fjorde. Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch. Bonn. XXXI. 1874. p. 143.

4) On the Modules of Cohesion of Ice, and its bearing on the Theory of Glacial Erosion of Lake Basins. Philos. Magaz. V. S. vol. VII. 1879. p. 240.

5) Der gegenwärtige Standpunkt der Geophysik. BEHM's geogr. Jahrb. VIII. 1880. p. 74.

6) On the Erosion of Valleys and Lakes. A Reply to Sir RODERICK MURCHISON's address to the Geographical Society. Philos. Magaz. IV. 1864. XXVIII. p. 293. — Sir CHARLES LYELL and the glacial Theory of Lake-Basins. Philos. Magaz. IV. 1865. XXIX. p. 285. Physical Geology and Geography of Great Britain. p. 163. (III. Aufl. 1872.)

7) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti Soc. ital. di sc. nat. V. 1863. p. 248.

8) Report of the Geology of Canada. 1863.

9) Quarterly Journ. geolog. Soc. London. 1865. XXI. p. 129.

10) American Annual of Scientific Discovery. 1863. Geology of Ohio.

11) The Student's Manual of Geology. Vergl. auch The Reader. 1863.

12) Phenomena of the Glacial Drift of Scotland. The Scenery of Scotland viewed in Connection with its Physical Geology. 1865.

13) The Great Ice Age. 2. Aufl. 1877. p. 267. Kap. XXIII.

14) The Origin of some of the Lake-basins of Cumberland. Quart. Journ. Geolog. Soc. London. 1874. XXX. p. 96. — The Glaciation of the Southern Part of the Lake-District and the Glacial Origin of the Lake-basins of Cumberland and Westmoreland. Quart. Journ. Geolog. Soc. London. 1875. XXXI. p. 152.

Digitized by Google

als Gletscherwerke und zeigte, dass deren Tiefe im Vergleiche zur Mächtigkeit der alten Gletscher eine sehr geringe sei; Hugh Miller [1]) wies darauf hin, dass eben jene Seen Erosionsbecken seien, weil sie sich in völlig ungestörte Schichten einsenken, und deswegen seien sie glacialen Ursprungs; wiederholt lenkte Amund Helland [2]) die Aufmerksamkeit auf die Analogien der Fjorde in Norwegen, Grönland, Island und auf den Färö mit den grossen Alpenseen, und nahm entschieden Partei für Ramsay's Theorie; in den Alpen waren es Lory [3]), der ausgezeichnete Erforscher der südwestlichen Alpen, sowie der Piemontese Gastaldi [4]), welche der Theorie über den glacialen Ursprung der Seen, wenn auch nur in der Form huldigten, welche ihr durch de Mortillet in seinen späteren Arbeiten gegeben worden war; Stark [5]) hingegen suchte in einer kleinen, höchst anregenden Schrift endlich die Bildung der südbayerischen Seen sowie die der Konfiguration Oberbayerns durch die Annahme einer höchst beträchtlichen Glacialerosion zu erklären und trat den Ansichten Ramsay's bei. Ich selbst habe bereits mehrmals den glacialen Ursprung der Binnenseen und

[1]) Glacial Erosion of Lake-Basins. Geolog. Magaz. 1876. II. dek. vol. III. p. 286. Considerations bearong on Theories of the Formation of Rock-basins. Geolog. Magaz. 1876. II. S. vol. III. p. 454.

[2]) Die glaciale Bildung der Fjorde und Alpenseen in Norwegen. Poggendorff's Annalen. CXLVI. 1873. p. 538. — Om Dannelsen af Fjordene, Fjorddalene, Indsöerne og Havbankerne. Öfversigt kgl. Vetenskaps-Akad. Förhandl. 1875. — Om Beliggenheden af Moräner og Terrasser foran mange Indsöerne. Öfversigt kgl. Vetenskaps-Akad. Förhandl. 1875. — Om de isfyldte Fjorde og de glaciale Dannelser i Nordgrönland. Arch. f. Math. og Naturvidenskaberne. Bd. I. — Om Indsöerne i Italien og Fjordene i Norge. Arch. f. Math. og Naturvidenskaberne. 1876. p. 387. — Om Botner og Säkkedale. Geolog. Fören. Förh. Stockholm. Bd. II. No. 9. — Om Färöerenes Geologi. Geografisk Tidskr. Kopenhagen. 1881. — Forsög paa en geologisk Diskussion. Arch. f. Math. og Naturv. 1881. p. 171.

[3]) Géologie du Dauphiné. p. 686.

[4]) Sulla escavazione dei bacini lacustri compresi negli anfiteatri morenici. Atti soc. ital. di sc. nat. V. 1863. pag. 240.

[5]) Die bayerischen Seen und die alten Moränen. Zeitschr. des deutschen Alpenvereins. Bd. IV. 1873.

Digitized by Google

Fjorde verfochten [1]), und zwar meist auf Grund des in dieser Arbeit niedergelegren Materiales; F. G. HAHN [2]) sprach neuerlich aus, dass ohne Zuhilfenahme der Theorie glacialer Erosion das Relief ganzer Länder unverständlich bleibe, und RATZEL [3]) hat sich schon öfters in dieser Richtung geäussert. Auch DANA [4]) ist der Ansicht, dass die Gletscher der Eiszeit Becken ausschürfen konnten. CROLL [5]) endlich stellte eine Theorie der Gletscherbewegung auf, welche erodirende Wirkungen als nothwendigen Einfluss der Eisströme hinstellt.

Aber weder diese Entgegnungen noch die weiteren Ausführungen der Anhänger RAMSAY's haben die Frage zu einer endgültigen Lösung gebracht, und hat auch heute die Theorie der Glacialerosion namentlich in England und Nordamerika mehr Anhänger gewonnen, als wir angeführt haben; hat es selbst nicht an Uebertreibungen derselben gefehlt [6]), gegen welche jedoch RAMSAY [7]) sich verwahrte, so liegen doch die Dinge kaum anders als vor fast 20 Jahren. Ebenso wie damals gehen die Meinungen darüber auseinander, ob die dicht geschaarten Seen in alten Gletschergebieten der erodirenden oder konservirenden Thätigkeit des Eises zu verdanken seien. Liest man freilich, dass ein so ausgezeichneter Alpenkenner wie E. v. MOJSISOVICS [8]) die Theorie von der glacialen Bildung jener Seen als „abenteuerlich“ bezeichnet

---

1) Gletscher und Eiszeit. Die Formen der Erdoberfläche. Gemeinnütz. Vorträge. Prag. No. 59. 70. 1880/81. — Norwegens Oberfläche. Glaciale Bodengestaltung. Ausland. 1882. p. 190, p. 348. — Einfluss der Vergletscherung auf die Bodengestaltung. Jahresber. Geogr. Gesellsch. München. 1881.

2) Aufgaben der Tiefseeforschung. Ausland. 1882.

3) Ueber Fjorde und Moränenlandschaft. Jahresber. Geogr. Gesellsch. München. VI. 1877—1879. p. 207. — Ueber Fjordbildung an Binnenseen. PETERMANN's Mittheil. 1880. Heft X. — Die Erde. 1881. p. 144.

4) Manual of Geology. 2. Aufl. 1877. p. 539.

5) Climate and Time. 1875. p. 514.

6) CAMPBELL: Frost and Fire. 1865. Glaciation of Ireland. Quart. Journ. Geolog. Soc. London. 1873. XXIX. p. 198.

7) Quart. Journ. Geolog. Soc. London. 1873. XXIX. p. 222.

8) Bemerkungen über den alten Gletscher des Traunthales. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Bd. XVIII. 1868. p. 303.

Digitized by Google

und behauptet, dass „dieselbe vom physikalischen wie vom geologischen Standpunkte gleich unhaltbar ist“, bemerkt man ferner wie RÜTIMEYER[1]) sagt, dass „die von MORTILLET und GASTALDI befürwortete Theorie der ‚Réexcation‘ der Seethäler auf unübersteigliche Hindernisse stösst“, wenn weiter HEIM[2]) ganz offen ausspricht: „Wer indessen von den angeführten Stellen einige mit eigenen Augen untersucht hat, für den ist jene Hypothese, auf die Alpen und auf Norwegen angewendet, eine arge Uebertreibung“, wenn endlich gar bedauert wird[3]), dass HELLAND die RAMSAY'sche Theorie durch eine grössere Arbeit stützen will, dann möchte man fast zu der Anschauung kommen, als ob die fraglichen Theorien bereits nur historischen Werth besässen, und als ob es gewagt sein könnte, dieselben abermals verfechten zu wollen. Allein vergebens sucht man bei v. MOJSISOVICS, RÜTIMEYER oder HEIM nach einer Begründung obiger Aussprüche, und wenn man gar liest, wie oben schon erwähnt, dass unter den Anhängern der Erosionstheorie BALL genannt wird, also der Autor, der sich zuerst gegen dieselbe ausgesprochen hat, dass ferner von RAMSAY gesagt wird, derselbe lasse die Alpenthäler durch das Eis auspflügen, eine Anschauung, die von RAMSAY stets auf das Entschiedenste bekämpft worden ist, wenn endlich, wie häufig geschehen, angenommen wird, RAMSAY lasse alle Seen durch Gletscher auspflügen, so möchte es fast scheinen, als ob dann und wann die wissenschaftliche Erörterung nicht mit völliger Kenntniss gegnerischer Ansichten geführt worden wäre. Sammelt man sorgfältig alle die Einwürfe, welche gegen die Erosionstheorie gemacht, sammelt man das Material, das zu Gunsten der Konservirungstheorie verwerthet ist, so ergibt sich jedenfalls, dass die erstere von beiden Theorien nicht auf so schwachen Füssen steht, wie man wol häufig annimmt.

Der Haupteinwand gegen die Theorien von RAMSAY und DE MORTILLET besteht darin — und alle Gegner dieser Theorie stimmen darin überein — dass die Gletscher nicht erodirten, son-

---

[1]) Ueber Thal- und Seebildung. Basel 1869. p. 60.

[2]) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Bd. I. p. 251.

[3]) Die Fortschritte der Geologie. No. 4. 1880. p. 121.

Digitized by Google

dern einen konservirenden Einfluss ausübten. Wird zwar auch bisweilen eine gewisse erodirende Wirkung den Gletschern zugeschrieben, so wird dann doch gewöhnlich betont, dass ein Gletscher nimmer tiefe Becken erzeugt, weil in solchen das Eis sich überhaupt nicht vorwärts bewegen könne. Es wird vor allem die physikalische Möglichkeit der Glacialerosion und die Möglichkeit der Beckenbildung durch Eis in Frage gestellt. Weiter aber wird auch aus der Lage und Vertheilung der Seen, aus der Beschaffenheit der Thäler, in welchen sie lagern, auf die Unhaltbarkeit der Theorien von RAMSAY und DE MORTILLET geschlossen.

Selbstverständlich ist jede geologische Theorie unhaltbar, wenn sie den Gesetzen der Physik widerspricht, denn diese Gesetze sind die Normen, welche alle dynamischen Theorien beherrschen. Allein darauf hin allen geologischen Theorien Werth abzusprechen, weil ihre physikalische Möglichkeit in Frage gezogen, hiesse der Physik alle jene Anregungen und Impulse entziehen, welche ihr durch geologische Forschungen ertheilt werden können. Auch die Physik ist eine Erfahrungswissenschaft, und wenn gegen geologische Theorien, wie nicht selten der Fall, physikalische Bedenken ausgesprochen werden, so hat sich vor allem zu fragen, ob diese Bedenken auf unumstössliche Grundgesetze oder auf erweiterungsfähige Erfahrungen gegründet sind. In dieser Hinsicht erscheint es nun vor allem von Werth, dass die Physiker nicht einig sind in der Verurtheilung der Glacialerosionstheorie, und dass dieselbe in der Person TYNDALL's einen Verfechter gefunden hat, welcher nicht nur mit den Gesetzen der Physik, sondern auch mit den heutigen Gletschern sehr vertraut ist. Es sind also wol nur gewisse, vielleicht erweiterungsfähige Erfahrungen der Physik, welche gegen die Glacialerosion sprechen.

In der That, wenn man die rein physikalischen Einwürfe prüft, kommt man leicht zu einer Bestätigung obiger Behauptung. Es hat z. B. neuerlich OLDHAM [1]) die Theorien von RAMSAY auf Grund einiger Bestimmungen des Kohäsionsmoduls des Eises angegriffen. Er kam dabei zu folgenden Resultaten:

[1]) On the Modules of Cohesion of Ice, and its bearing on the Theory of Glacial Erosion of Lake-Basins. Phil. Mag. V. S. vol. VII. 1879. p. 240.

Digitized by Google

1) Gletscher können im Maximum Becken von 700 engl. Fuss Tiefe und 5 Miles Länge erodiren, weil eine solche Vertiefung das Maximum einer Depression darstelle, welche von Gletschern durchmessen werden kann.

2) Gletscher können sich nicht weiter als 5 Miles über völlig ebenes Land ausbreiten.

3) Dementsprechend kann sich keine Gletschereismasse über grosse Flächen unabhängig von der Bodenkonfiguration ausbreiten.

Von diesen drei Resultaten ist das erste der fragliche Punkt; die beiden andern stehen im vollen Widerspruch mit der Erfahrung. In Südbayern bewegte sich vom Südende des Kochelsees bis über das Nordende des Würmsees, also auf eine Strecke von 40 km das Eis über eine fast völlig horizontale Fläche; und die neueren Untersuchungen in Nordeuropa lassen auch darüber gar keinen Zweifel, dass sich die Gletscher über weit ausgedehntere Flächen Landes bewegt haben, ohne sich irgendwie an die gegebene Bodenkonfiguration zu stossen.

Wenn nun von drei Resultaten einer Rechnung zwei der Erfahrung widersprechen, so erregt dies Misstrauen gegen das dritte, und es lässt muthmaassen, dass die Voraussetzungen der Rechnung nicht richtig sein können. Wirklich ist Oldham von zwei irrigen Voraussetzungen ausgegangen. Zunächst bestimmte er den Kohäsionsmodul des Eises, welchen er seinen Rechnungen zu Grunde legt, nur für festes, starres Eis, nicht für Gletschereis; er hebt dies im Nachworte seiner Arbeit selbst hervor. Zweitens aber legt er seinen Rechnungen die längst widerlegte Anschauung zu Grunde, dass die Bewegung der Gletscher ein Gleiten sei. Bei solchen Voraussetzungen ist nicht wunderbar, dass von den Resultaten zwei der Erfahrung widersprechen, und wir müssen somit auch das dritte von der Hand weisen. Oldham's Rechnungen gelten nur für starres, gleitendes Eis, nicht für Gletscher.

Diesen in ihren Grundlagen und in ihren Resultaten anfechtbaren Rechnungen Oldham's wird von Zöppritz[1]) grosse Bedeutung beigelegt, und daraufhin die Frage der Gletschererosion

---

[1]) Der gegenwärtige Standpunkt der Geophysik. Geogr. Jahrb. VIII. 1880. p. 74.

als beseitigt betrachtet. Aber auch die Argumente, welche nach Zöppritz weiter noch gegen die Erosionstheorie sprechen sollen, berühren nicht deren Wesen. Eine Erosion sei unter allen Umständen nur dann möglich, wenn ein harter Körper unter hohem Drucke über einen weichen gleitet. Im umgekehrten Falle sei eine Erosion nur denkbar, wenn der weichere mit grosser Schnelligkeit sich über den harten bewege, oder wenn weiches Material harte Gegenstände als Projektil benutzt. Daher erodire fliessendes Wasser, daher könnten Eisschollen, wenn sie auf den Strand getrieben werden, daselbst erodiren, nimmer aber könne ein Gletscher tiefe Becken aushöhlen.

Ich kann mich obiger Voraussetzung von Zöppritz durchaus anschliessen, nur die Folgerungen muss ich entschieden zurückweisen. Das Eis an und für sich wird den Felsgrund zwar nicht abnutzen, aber indem es an seiner Sohle Gesteinstrümmer fortschleift, erhält es die Wirkung einer Feile. Man bedenke nur, dass es eine bisweilen über 1000 Meter hohe Eissäule ist, welche sich bewegt und unter sich Gesteinsblöcke fortschiebt. Unter solchen Verhältnissen ist natürlich gar nicht von Belang, dass das Gletschereis ein plastischer Körper ist, was nach A. Favre [1]) und Murchison [2]) dem Gedanken an eine erodirende Thätigkeit widerstreben soll. Das Eis an und für sich erodirt eben nicht, es ist nur der Kitt, in welchen die Schleifsteine gefasst sind. Dies wird auch gänzlich ausser Acht bei den Erwägungen Gurlt's [3]) gelassen. Nach demselben seien die Gletscher nirgends mächtig genug gewesen, um den Untergrund zerdrücken zu können. Es handelt sich aber nicht um eine Zertrümmerung dieses letzteren durch eine Belastung, sondern um eine Abnutzung durch eine mächtige, langsam fliessende Masse, welche an ihrer Sohle förmlich mit Zähnen besetzt ist.

Wenn man es ferner für unmöglich hält, dass ein Eisstrom

---

[1]) Compte rendu de la 45me session de la soc. suisse de sciences nat. Lausanne 1861. p. 74.

[2]) Anniversary Address to the Geograph. Soc. Proceed. geogr. Soc. London. VIII. 1863/64. p. 221.

[3]) Ueber die Entstehung der Fjorde. Sitzungsberichte der niederrheinisch. Gesellsch. Bonn. XXXI. 1874. p. 143.

Digitized by Google

auch in der Tiefe eines ringsum begrenzten Beckens sich bewegt, so möge hier auf die Molekular-Theorie von Croll [1]) verwiesen werden, derzufolge das Eis auch in grossen isolirten Vertiefungen nicht still liegen bleibt; es sei daran erinnert, dass das Wasser zeigt, wie ein flüssiger Körper Seetiefen durchmessen kann und nicht an dem Boden derselben liegen bleibt.

Jedenfalls erhellt aus den vorstehenden Auseinandersetzungen, dass mit unserer jetzigen Kenntniss der Gletscher die erodirende Wirkung derselben nicht unvereinbar ist. Wenn wir uns aber nicht verhehlen, dass heute noch viele Eigenschaften der Gletscher ganz ungenügend bekannt sind, dass vor allem deren Bewegung immer noch Räthsel darbietet, so ist einzusehen, dass unsere Kenntniss der Gletscher überhaupt noch zu ungenügend ist, um einen theoretischen Entscheid über ihre erodirende Wirkung zuzulassen. Im Gegentheil, die Theorien haben sich noch den zu machenden Erfahrungen anzupassen. Wir verzichten daher auf Beibringung theoretischer Gründe für und gegen die Gletschererosion und halten uns an das positive Material, welches die Geologie darbietet.

Den praktischen Beweis für die Gletschererosion hat die Geologie beizubringen, indem sie die Wirkungen der heutigen Gletscher untersucht, sowie die Spuren der Thätigkeit diluvialer Eismassen verfolgt. Freilich die heutigen Gletscher sind schwer geeignet, Beweismaterial zu Gunsten dieser oder jener Ansicht beizubringen. Einerseits sind sie im Vergleiche zu den diluvialen Gletschern wahre Zwerge, und andererseits handelt es sich bei der Gletschererosion um Vorgänge, welche unter dem Gletscher, zwischen Eis und Boden stattfinden; und hier Untersuchungen anzustellen, gehört nicht in das Bereich der Möglichkeit.

Dass die heutigen Gletscher nicht erodiren, hat man besonders aus der Thatsache entnehmen wollen, dass manche Gletscher beim Vorrücken über loses Terrain den Untergrund nicht aufwühlen, sondern völlig unverletzt lassen. [2]) So ist es nach dem Berichte von Desor [3]) am Morteratschgletscher im Enga-

[1]) Vergl. Climate and Time. 1875. p. 515.
[2]) Rütimeyer, Thal- und Seebildung. 1869. p. 24.
[3]) Gebirgsbau der Alpen. 1865. p. 11.

Digitized by Google

din zu sehen gewesen, als derselbe von der in Samaden versammelten schweizerischen naturforschenden Gesellschaft besucht wurde. Ja, man berief sich sogar auf die Autorität von J. DE CHARPENTIER, um zu beweisen, dass die heutigen Gletscher nicht erodirten. A. FAVRE[1]) wies auf eine Anmerkung auf Seite 42 des Essai sur les glaciers hin. Hier ist allerdings zu lesen, dass der Gletscher du Tour der Montblancgruppe im Jahre 1818 vorrückte, ohne den Boden aufzuwühlen, allein es verbietet sich daraufhin zu sagen, ahnend habe CHARPENTIER die Gletschererosionstheorie vorausgesehen und derselben gleichsam vorbeugen wollen, denn CHARPENTIER hat diesen Fall als Ausnahme aufgestellt. Mehrmals hat CHARPENTIER ausgesprochen, dass ein Gletscher beim Vorrücken über lose Schichten dieselben aufwühle, er stellt dies als Regel für alle diejenigen Gletscher hin, welche sich in einem eingeengten Bette bewegen, und sagt ausdrücklich, dass wenn ein Gletscher sich auf flachem Lande ausbreiten könne, er aufhöre, den Boden aufzuschürfen und zusammenzuschieben (de creuser et de bouleverser).[2]) Schon in seiner ersten Abhandlung über das erratische Phänomen äussert sich CHARPENTIER[3]) in diesem Sinne, hier sagt er, was er auch später wiederholte[4]), dass wenn ein Gletscher über loses Erdreich, über Gerölle wegginge, er dasselbe bis zum festen Felsgrunde entferne. CHARPENTIER spricht hier also geradezu die Theorie von DE MORTILLET aus, er ist durchaus nicht unter den Gegnern der Erosionstheorie aufzuführen. Es ist aber nicht allein J. DE CHARPENTIER, welcher angibt, dass Gletscher loses Terrain aufwühlen und zusammenschieben, VENETZ[5]) äussert sich ganz in demselben Sinne, und auf Seite 119 und 120 wurden einige einschlägige Beispiele aus der neueren Literatur aufgeführt. Unter denselben verdient besonders

---

[1]) Recherches géologiques etc. 1867. t. I. p. 201. § 184.

[2]) Essai sur les glaciers. p. 41.

[3]) Sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des mines. III. S. t. VIII. 1835. p. 319 (328).

[4]) Sur l'application de l'hypothese de M. VENETZ aux phénomènes erratiques du Nord. Bibl. univ. de Genève. 1842. t. XXXIX. p. 327.

[5]) Mémoire sur l'extension des anciens glaciers § 17. Neue Denkschr. d. schweiz. naturf. Gesellsch. Bd. XVIII. 1861.

Digitized by Google

die Angabe TYNDALL's [1]) Beachtung, der zufolge derselbe Morteratschgletscher, welcher nach DESOR sich über loses Geröll hinwegschiebt, ohne dasselbe aufzuwühlen, einen Trümmerhaufen vor sich herwälzt. Nicht mindere Beachtung verdienen aber auch die Beobachtungen über den Buerbrä insofern als sie eine ältere Beobachtung von J. M. WILSON [2]) bestätigen, welcher schon 1872 jene Schichtenstörungen wahrnahm. Es erhellt hieraus, dass der Buerbrä während der ganzen Dauer seines Vorwärtsschreitens sein Vorland zusammenschob.

Wenn es also einige Gletscher gibt, welche beim Vorrücken den losen Untergrund unberührt lassen, so gibt es andererseits auch solche, welche denselben aufpflügen und vor sich herschieben, und wenn man auf erstere Thatsache Schlüsse basirt, so verwerthet man nur einseitiges Material. Wie dem auch sei, es will mir scheinen, als ob man das Wesen der Gletschererosion nicht richtig trifft, wenn man dieselbe mit dem Zusammenschieben des Vorlandes eines Gletschers durch den letzteren vergleicht. Die Hauptwirkung des Gletschers liegt nicht an seinem Ende. Hier verlangsamt seine Bewegung, wie angestellte Messungen wiederholt gelehrt haben, und Hallen und Gewölbe trennen das Eis vom Boden, sodass er denselben hier kaum abnutzen kann. Seine Einwirkung auf denselben muss sich vielmehr da entfalten, wo er am raschesten strömt und am schnellsten seine Grundmoränen über den Felsen hinwegschleift, sie liegt da, wo er die Gletscherschliffe erzeugt. Die Gletscherschliffe sprechen ganz zweifellos für eine abnutzende Thätigkeit des Eises, wenngleich sie dieselbe quantitativ nicht erkennen lassen. Vielfach wird allerdings behauptet, dass jene Abnutzung nur sehr gering gewesen sein könne. So sagt WHYMPER [3]), der Umstand, dass an der Leeseite der Gletscherschliffe rauhe Partien auftreten, beweise eine geringe Abnutzung durch das Eis, andernfalls müssten die Rauhheiten entfernt sein. Aber diese Thatsache lässt auch andere Deutungen

---

[1]) Conformation of the Alps. Philos. Magaz. IV. S. vol. XX. 1864. p. 255.

[2]) On the Forms of Valleys and Lake-basins in Norway. Geolog. Magaz. IX. 1872. p. 481.

[3]) Berg- und Gletscherfahrten in den Alpen. 1872. p. 391.

Digitized by Google

zu. Wenn die Felsen in nächster Nähe heutiger Gletscher nur einseitig geschliffen sind, so kann man dies ebensogut auf eine geringe Dauer der Glacialwirkung zurückführen, wie auf eine schwache Aeusserung derselben; und wenn man die gedachte Erscheinung auch an Schliffen der ehemaligen Gletscher, wie nicht selten der Fall, wahrnimmt, so vergesse man nicht, dass der Gletscher nicht bloss den Untergrund abschleift, sondern auch auflockert und aufbricht, was auf Seite 42 ausführlich geschildert wurde, wodurch er stets neue Unebenheiten und Rauhigkeiten erzeugt. Rauhigkeiten neben Gletscherschliffen beweisen also nichts gegen die Möglichkeit der Glacialerosion.

Häufig findet man auf den Gletscherschliffen verschiedene Systeme von Schrammen, und es muss dies sogar als Regel bezeichnet werden. Eine Reihe von Forschern hat nun, dem Beispiele J. de Charpentier's folgend, diese verschiedenen Richtungen auf verschiedene Phasen ein und derselben Vergletscherung, ja sogar auf verschiedene Vereisungen zurückzuführen gesucht. Kjerulf[1]) schliesst hieraus gegen die erodirende Thätigkeit des Eises, dasselbe könne nicht einmal die Merkmale seiner früheren Bewegung auslöschen, geschweige denn erodiren. Allein es scheint mir, als ob man auf die sich kreuzenden Schrammen zu grosses Gewicht lege. Vor allem ist durchaus nicht bewiesen, dass dieselben verschiedenen Vergletscherungen oder selbst nur verschiedenen Phasen derselben Vereisung entstammen. Die regelmässige Wiederkehr des Phänomens deutet vielmehr bestimmt darauf, dass verschiedene Schrammungsrichtungen im wesentlichen gleichzeitig entstehen. Die Bewegung des Eises braucht ferner nicht immer an demselben Punkte die gleiche Richtung besessen zu haben, und indem die heterogen zusammengesetzte Grundmoräne über eine Felsfläche gepresst wurde, konnten die verschiedensten Schrammungssysteme auf derselben entstehen, und solches konnte sich häufig wiederholen. Helland hat durch passende Vergleiche beleuchtet, dass solche sich kreuzende Schrammen keineswegs gegen die Erosionstheorie sprechen; ebensowenig sei dies der Fall, wie kreuzende

[1]) Die Eiszeit. Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge von Virchow und Holtzendorff. Heft 293/94. Berlin 1878.

Digitized by Google

Linien an einer mit Sandpapier ausgeschliffenen Vertiefung bewiesen, dass diese Vertiefung nicht mit jenem Papier ausgeschliffen sei, oder ebensowenig wie einige sich kreuzende Meisselspuren in einem ausgehöhlten Baume als beweisend dafür angeführt werden könnten, dass der Baum nicht ausgemeisselt sei.

Zeigen uns die Gletscherschliffe an, dass der Gletscher seinen Untergrund abnutzt, so lässt uns das abgeschliffene Material die Grösse dieser Abnutzung erkennen. In der Trübung des Gletscherbaches finden wir nun einen Theil des Schleifpulvers, welches der Gletscher bei seiner Bewegung erzeugt, dasselbe liegt uns ganz vor in der Grundmoräne. Schon wenn wir die Trübung allein in Rechnung ziehen, ergibt sich für die Gletschererosion eine sehr bedeutende Grösse.

Forscher, welche hierüber Messungen angestellt haben, haben daher auch stets behauptet, dass der Gletscher weit stärker erodire als fliessendes Wasser. So sagt Dollfus-Ausset[1]): Die Wirkung der Gletscher auf ihr felsiges Bett ist sehr bedeutend und viel, unvergleichlich viel stärker als die des rinnenden Wassers. Und Daubrée[2]), von den Beobachtungen von Dollfus-Ausset ausgehend, schreibt, dass die Thalvertiefung durch den Gletscher mehr gefördert wird als durch fliessendes Wasser. (Vergl. p. 202. 203.) Freilich steht die Ansicht, dass die Trübung des Gletscherbaches, dass die Grundmoräne das durch den Gletscher abgeschliffene Material darstellen, nicht unangefochten da. Leiten doch Agassiz[3]) und mit ihm Charles Martins[4]) und A. Favre[5]) dasselbe aus den Oberflächenmoränen her, indem sie annehmen, dass der auf dem Gletscher liegende Schutt unter denselben gerathe und hier die Grundmoräne bildet. So wenig dies auch für gewisse Fälle bestritten werden soll, so wenig ist es allgemein gültig. Besitzen doch Gletscher, welche vollkommen frei von Oberflächenmoränen sind, wie die meisten Norwegens, Grundmoränen, und sind auch

[1]) Matériaux etc. t. III. p. 579. Note.

[2]) Recherches expérimentales sur les striage des roches etc. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XV. 1857/58. p. 250.

[3]) Système glaciaire. Paris 1847. p. 110. 119.

[4]) Revue des deux mondes. 1847. I.

[5]) Description géolog. du canton de Genève.

Digitized by Google

die ihnen entströmenden Bäche gleich denen, welche dem grönländischen Inlandeise entströmen, schmutzig getrübt[1]). Hier kann also die Grundmoräne sicher nicht aus Oberflächenschutt entstanden sein, und muss sich durch Abnutzung des Untergrundes gebildet haben.

Dass die Gletscher erodiren, wird selbst von den Gegnern der Theorie über den glacialen Ursprung der meisten Alpenseen zugegeben. Aber man hält diese erodirende Thätigkeit für sehr schwach und unbedeutend, öfters ist bemerkt worden, dass durch sie zwar kleinere Weiher ausgeschürft werden könnten, aber sie sei nicht gross genug, um die Aushöhlung ganzer tiefer Seen zu erklären. Jede Wirkung habe ihre Grenzen. „Wenn man eine Düne an der Küste sieht, 20—30 m hoch, welche durch den Wind zusammengeweht ist, darf man dann schliessen, dass in Hunderten oder Tausenden von Jahren dieselbe Düne die Höhe des Himalaja erhält?" so fragt A. Favre.[2]) Gewiss nicht, kann nur die Antwort lauten, solange eben die Stärke des Windes nicht grösser wird. Wenn nun aber der Wind 100, ja 1000 Mal stärker weht als heute, sollte er nicht ungemein viel höhere Dünen aufwerfen als heute? Die jetzigen Gletscher sind Zwerge im Vergleiche zu den diluvialen, demnach müssen auch ihre Wirkungen im Vergleiche zu denen der letzteren pygmäenhaft erscheinen. Will man sich ein Bild von den erodirenden Wirkungen der diluvialen Gletscher machen, so muss man deren Spuren studiren.

Nun sahen wir die mächtigen Glacialgebilde Oberbayerns, Schotter und Moränen. Wir erkannten, wie die ersteren aus den letzteren hervorgegangen sind, und in den Grundmoränen mussten wir jenen Detritus erkennen, der durch die fortwährende Bewegung des Eises unter demselben entsteht. Nicht bloss der Umstand, dass die diluvialen Inlandeismassen keine Oberflächenmoränen besassen, sondern vor allem die petrographische Zusammen-

---

[1]) Penck: Die Gletscher Norwegens. Mittheil. d. Vereins f. Erdkunde. Leipzig 1879. Glaciale Bodengestaltung. Ausland. 1882. p. 348.

[2]) On the Origin of the Alpine Lakes. Philos. Magaz. IV. XXIX. 1865. p. 206.

Digitized by Google

setzung der Grundmoräne liess uns in derselben ein Reibungsprodukt erkennen, und die gesammte Masse des Glacialschuttes am Fusse des Gebirges wird uns zu einem Resultate der Gletschererosion. Zu demselben Ergebnisse kamen wir, als wir uns fragten, woher denn jene Schuttmasse kam; wir fanden, dass sie nur von den vereist gewesenen Theilen der Thalgehänge herrühren könne. Als wir nur die Moränen des alten Isargletschers in Betracht zogen, fanden wir, dass dessen Bereich um 13 m im Mittel erniedrigt worden sei (p. 201), also um einen Betrag, welcher vollauf genügen würde, um die Seen des Gebietes auszufüllen; nehmen wir hingegen die gesammte Schuttmasse der diluvialen Gletscher, welche sich am Fusse des Gebirges ausgebreitet findet, und vertheilen dieselbe auf den Nordabfall der Alpen im entsprechenden Gebiete, so würden wir dessen Niveau um 36 m im Mittel erhöhen können, wie wir auf Seite 330 sahen. Dabei haben wir die enormen Massen von Glacialgebilden im Gebirge nicht in Rechnung gezogen, die gewaltigen Terrassen im Innthale und Nebenthälern ignorirt, und dennoch ergibt sich, dass das Land im Mittel um 36 m durch Glacialwirkungen erniedrigt ist. Es sei hier daran erinnert, dass nach Helland[1]) das Niveau Skandinaviens während der Diluvialzeit durch Gletscherthätigkeit um 255 Fuss, also um 80 m erniedrigt worden ist, was nicht zu hoch gegriffen ist, wenn man berücksichtigt, dass nach einer Berechnung von Kämtz[2]) durch die über Finnland und Esthland verbreiteten Gesteinstrümmer, wenn man auch nur die Hälfte derselben auf Skandinavien zurückführt, die Hochlande jener Halbinsel gar um 325 m erhöht werden könnten. Wie will man sich gegenüber diesen **Zahlen** der Vorstellung verschliessen, dass die Gletschererosion wirklich ein gestaltender Faktor auf der Erdoberfläche ist, und dass die Seebecken, welche man ihr zuschreibt, nur einen Theil ihrer Werke darstellen!

Es ist also keine übermässige Leistung der Glacialerosion, einige in ihrer Ausdehnung beschränkte Seebecken auszuschleifen, welche im Vergleich zur Mächtigkeit der alten Gletscher wie seichte

[1]) Zeitschrift d. D. geolog. Gesellsch. 1879. p. 100.
[2]) Mittheil. k. k. geogr. Gesellsch. Wien. 1858. p. 242.

Digitized by Google

Pfützen erscheinen. Aber die Untersuchung der Betten der alten Gletscher schien Material gegen deren erodirende Thätigkeit zu liefern. Die Alpenthäler, in welchen früher Eis gelagert hat, zeigen bald Weitungen, bald Verengungen, vor allem aber ragen nicht selten Felsvorsprünge, niedrige Rücken und Buckel quer zur Bewegungsrichtung des Gletschers in das Thal hinein. Dieselben lassen zwar meist intensive Gletscherwirkung erkennen. Sie sind vollkommen zugerundet, allein Ball, nach ihm Rütimeyer und Heim fragen, warum jene Vorsprünge, jene Hindernisse der Eisbewegung durch den Gletscher nicht fortgeräumt worden sind und ziehen aus ihrer Gegenwart den Schluss, dass das Eis nicht erodire. Diese Beweisführung ist nicht gerade zwingend; sie ist ungefähr derselben Art, wie wenn man sagen wollte: Das Wasser kann nicht erodiren, weil es in den Thälern der sächsischen Schweiz oder in den Cañons Nordamerikas Felsthürme und Säulen stehen gelassen hat. Man verbinde mit der Glacialerosion nicht immer den Gedanken, dass der Gletscher alle ihm entgegenstehenden Hindernisse fortschaffen müsse. Ein Gletscher wirkt nicht wie ein Pflug, er wirkt in der Art wie rasch fliessendes Wasser, welches im Stande ist, Sand und kleine Gerölle bergan zu rollen, er wirkt wie ein lebhafter Gebirgsbach. Wie solch' eine Wasserader den Felsen blosswäscht und die weicheren Partien desselben mehr abnutzt als die härteren, wie dieselbe bei raschem Gefälle kleine Becken aushöhlt, so präparirt ein Gletscher die härteren Gesteinsmassen in grobem Maasse aus den weicheren heraus, weil seine erodirende Kraft nicht durch mangelhafte transportirende Fähigkeit gehemmt wird, was nothwendigerweise eine Beckenbildung zur Folge hat. Es gehört zu den charakteristischen Zügen eines Gletscherthales, dass es bald weit, bald eng ist, dass es mit einzelnen Becken ausgestattet ist, und es ist ganz natürlich, dass in ein solches Thal oft Felsvorsprünge hineinragen. Es heisst die Gletschererosion ihrem Wesen nach völlig verkennen, wenn man in den genannten Thatsachen Argumente gegen dieselbe erblicken will. Freilich sagt Heim, er könne keinen Unterschied zwischen der Gesteinsbeschaffenheit solcher Felsvorsprünge und der des umliegenden Materiales erkennen, dabei lässt er die Alpenthäler durch Erosion

Digitized by Google

entstehen und stösst sich nicht im geringsten an diese Felsbuckel. Warum haben dieselben der Thalerosion getrotzt? Weiss man denn überhaupt etwas Exaktes über die Härte der Gesteine, weiss man, warum manche Granitpartien der Verwitterung als sackförmige Gestalten trotzen, während andere hinweggewaschen werden, weiss man etwas Wesentliches darüber, warum in einer Gesteinsschicht oft nur gewisse Partien technisch verwerthbar sind?

A. Favre[1]) konstatirt unterhalb Genf eine Grundmoräne über den alten Anschwemmungen und sagt: „Ich glaube, die Wahrheit liegt in der Thatsache, dass ein Gletscher über ein Kieslager schreiten kann, ohne sich durch dasselbe einen Weg zu bahnen." Ein Beweis gegen die erodirende Kraft des Eises, wie A. Favre annimmt, ist aber hiermit durchaus nicht geliefert. Gelegentlich der Untersuchung über die frühere Eisbedeckung Oberbayerns fanden wir, dass ein Gletscher in verschiedener Weise auf seinen Untergrund wirkt. Auf der einen Stelle häuft er Moränen an und lässt darunterliegende lose Schichten unberührt, wie wir es in den peripherischen Theilen des Moränengebietes sahen, wo die Moränen konkordant über den unteren Glacialschottern liegen, während diese letzteren an anderen Stellen wiederum unter den Moränen erodirt sind, wie es im Bereiche der centralen Depression zu sehen ist. Das Material der Grundmoränen selbst lehrt, dass der Gletscher erodirt hat. Wir kamen zu der Folgerung von J. Geikie, dass das Eis an verschiedenen Stellen erodirend und anhäufend zu gleicher Zeit wirken kann. Sagt man daher, weil ein Gletscher an einer Stelle nicht erodirt, sondern einen konservirenden Einfluss ausgeübt hat, er könne deshalb überhaupt nicht erodiren, so muss man auch dem Wasser seine thalbildende Kraft absprechen, weil man in Deltas und anderorts seine anhäufende Thätigkeit bemerkt.

Die beiden Argumente also, welche aus der Beschaffenheit der Gletscherbetten gegen die Annahme der Gletschererosion gewonnen wurden, erweisen sich durchaus nicht stichhaltig. Sie beruhen auf der Voraussetzung, dass, wenn ein Gletscher erodirt,

[1]) On the Origin of the Alpine Lakes and Valleys. Philos. Magaz. IV. XXIX. 1865. p. 206.

Digitized by Google

er diese Wirkung überall ausüben müsse. Das liegt aber durchaus nicht in der Natur der Sache.

Die gewaltige Ausdehnung der diluvialen Gletscher, ihre enorme Mächtigkeit müssten eigentlich stets den Gedanken an eine grosse Wirkung rege erhalten. Man denke sich nur immer eine 1000 m mächtige Eismasse unaufhaltsam vorwärts bewegt und unablässig über den Felsgrund schleifend. Allein gerade in Anbetracht dieser grossartigen Mächtigkeit sind neue Zweifel entstanden. MALLET[1]) äusserte, das Eis könne nur so mächtig gewesen sein, dass es sich nicht selbst zertrümmerte und durch eigenen Druck in Wasser überging, und WYVILLE THOMSON[2]) ist der Meinung, dass 1400 (englische) Fuss die äusserste Mächtigkeit ist, welche eine Eismasse erlangen könne. Dem gegenüber hat nun schon CROLL[3]) gelehrt, dass das antarktische Eis weit stärker sein müsse, und die Verfolgung der Glacialschichten unseres Gebietes machte uns mit Mächtigkeiten von Gletschereis bekannt, welche die von 1400 englischen Fuss mehr als um das Doppelte übertreffen. Weiter hat man gesagt, die tiefst liegenden Lagen dieser Eisströme sich nicht hätten vorwärts bewegen können, sie mussten stagniren, und zumal in beckenförmigen Vertiefungen ganz still liegen infolge des grossen Widerstandes, der sich ihnen entgegensetzte. Lagen aber ihre tiefsten Partien still, so konnten sie durch dieselben selbstverständlichst nicht erodiren, und der Gedanke einer Beckenbildung durch die diluvialen Gletscher erschien ausgeschlossen. BALL und LYELL sind zu wiederholten Malen auf diese Argumentation zurückgekommen, und besonders besteht der Herzog von ARGYLL[4]) in seiner Philippika gegen die Glacialerosion auf ihr, was ihn freilich nicht hindert, schon zwei Seiten nach der angeführten Stelle zu behaupten, dass ebendieselben Becken, in welchen das Eis stagniren sollte, doch durch die Wirkungen des Eises vertieft worden seien! Die Annahme,

[1]) Quarterly Journal geolog. Soc. London. XXIX. 1873. p. 223.

[2]) Condition of the Antarctic Region. p. 23. Nature vol. XV. p. 122.

[3]) On the Thickness of the Antarctic Ice. Quarterly Journal of Science. London 1879 Januar.

[4]) The anniversary address of the president. Quarterly Journal geolog. Soc. vol. XXIX. 1873. p. LXXI.

Digitized by Google

dass die tiefsten Lagen der diluvialen Gletscher sich nicht hätten vorwärts bewegen können, steht aber im Widerspruche mit den Erscheinungen in der Natur.

Zunächst ist es, wie RAMSAY[1]) hervorkehrt, physikalisch nicht gut denkbar, dass die untere Eislage bewegungslos ein Becken ausfüllt und dass die obere in fortwährender Bewegung begriffen ist. Freilich ist bekannt, dass die Bewegung der unteren und seitlichen Partien eines Gletschers durch die Wandungen seines Bettes verringert wird, aber gerade diese Verringerung der Bewegung erscheint somit als Folge der Reibung; Reibung aber erzeugt eine Abnutzung des Untergrundes. „Die Verminderung der Geschwindigkeit eines Gletschers durch sein Bett wird oft als ein Beweis gegen seine erodirende Thätigkeit angeführt", sagt der Physiker TYNDALL[2]), „aber gerade diese Verringerung ist in gewisser Beziehung der Ausdruck seiner erosiven Kraft."

Es liegt uns ferne, hier physikalische Erörterungen über diesen Punkt anzustellen. Wir begnügen uns, nochmals auf jene geologischen Thatsachen zurückzukommen, welche unzweifelhaft beweisen, dass die Eisströme der Quartärzeit sich auch in den tiefsten Lagen bewegt haben, dass ihre untersten Partien durch Becken hindurch geschoben sind, dass sie sich auf grosse Strecken bergan bewegten. Wir greifen auf einen früheren Abschnitt zurück, in welchem zu zeigen versucht wurde, dass in unserem Gebiete der Geschiebetransport fast lediglich unter dem Eise erfolgte und dass die Grundmoräne durch den Gletscher auf nicht unbeträchtliche Höhen bewegt wurde. Es wurde darauf hingewiesen, dass sich die Gerölle des unteren Glacialschotters im Innthale den dortigen Grundmoränen beimengen, es wurde hervorgehoben, dass die Urgebirgsgeschiebe auf der Höhe der bayerischen Alpen meist als Gerölle auftreten, welche also nun bis 1000 m höher als im Innthale liegen, aus welchem sie genommen wurden. Wie ist es denkbar, dass ein Findling aus dem Oetzthale unter dem Eise bis in die Gegend von München bewegt wurde, ohne anzunehmen,

[1]) On the Erosion of Valleys and Lakes. Philos. Magaz. IV. 1864. XXVIII. p. 293.

[2]) Philos. Magaz. IV. S. XXVIII. 1864. p. 286.

Digitized by Google

dass er das Innthal quer überschritten, dessen Südgehänge erklommen, dann das Becken von Mittenwald durchschnitten, dann nach dem Walchensee aufwärts gewandert, dessen Tiefe durchlaufen, dann schliesslich den Kesselberg und den Kochelsee gekreuzt hat?

Ich fürchte zu breit zu werden, wenn ich auf alle diese Thatsachen einzeln zurückkommen wollte. Nur eines will ich noch erwähnen, nämlich dass alle Thäler, in welchen Gletscher auf die Hochebene mündeten, mit einem Becken abschliessen. Alle Geschiebe, welche auf der bayerischen Hochebene verbreitet sind, und die unter dem Eise transportirt wurden, was von der Mehrzahl gilt, mussten diese Becken passiren, mussten deren Tiefe durchmessen. Ist dies nicht ein schöner Beweis dafür, dass sich das Eis selbst in den unteren Partien eines Beckens vorwärts bewegt hat?

Wir haben nun allen den Einwürfen ausführlich zu begegnen gesucht, welche gegen die Glacialbildung der Seen vom allgemeinen Standpunkte aus gemacht wurden. Wir unternahmen, zu zeigen, dass weder die heutigen, noch die diluvialen Gletscher Erscheinungen darbieten, welche gegen eine Glacialerosion sprechen. Es ergab sich vielmehr, dass sowol die Eisströme der heutigen Tage, als auch die der Quartärperiode sehr beträchtlich erodirend wirken oder gewirkt haben. Die Beobachtungen über die Bildung der Grundmoränen, zu welchen wir gelangten, liessen uns keinen Zweifel darüber, dass dieselben als ein Produkt der Gletschererosion anzusehen sind. Wir kehrten also zu der alten Ansicht von E. Collomb zurück, welche sich im Norden Europas überall als richtig erwies. Dieselbe Anschauung, nämlich die, dass die Grundmoräne durch die abschleifende Thätigkeit des Eises entstand und unter demselben körperlich fortbewegt wurde, half uns erkennen, dass die Eismasse in tiefen Becken nicht stagnirte, sondern sich auch bewegte, wenn auch wol mit geringerer Intensität. Die Frage nach dem glacialen Ursprung mancher Seen führt sich auf die nach dem Ursprung der Grundmoräne zurück.

Digitized by Google

Kapitel XXVII.

Einwände gegen die glaciale Bildung der grossen Alpenseen.

Mangel an Seen in gewissen Alpenthälern. Thal der Dora Baltea, Isère, Rhône, Thäler der Hochalpen. Lage des Genfersees. BONNEY. Transport alpinen Gerölls über die Seen. Ansichten von AGASSIZ, MORLOT, DE MORTILLET, OMBONI, A. FAVRE. Fehler der Ansicht OMBONI's. Die Seen Unterbrechungen in den Ablagerungen der unteren Glacialschotter. Unmöglichkeit der Konservirung der Seebecken. Alpenseen periodische Gebilde. Unterschiede der Theorien von RAMSAY und DE MORTILLET.

Zahlreiche Gründe sind gegen die Möglichkeit der Gletschererosion ins Feld geführt worden, von Physikern und Geologen ist sie in Frage gezogen, und doch, wenn man das Für und Wider überlegt, wenn man anstatt allgemeiner Betrachtungen Beobachtungen aus der Natur ins Feld führt, da will der Entscheid nicht schwer fallen; schon das Vorhandensein der Grundmoräne wird zu einem zwingenden Beweise für die Gletschererosion. Allein gesteht man deren Möglichkeit auch zu, so muss es sich doch fragen, ob sie genügt, um die Bildung der grossen Alpenseen zu erklären, denn es ist nicht zu verkennen, dass gerade aus der Lage dieser Alpenseen Bedenken gegen ihre glaciale Bildung entnommen worden sind.

Unzweifelhaft ist zwar die Thatsache, dass die grossen Alpenseen in das Bereich der früheren Gletscher fallen, aber nicht minder bemerkenswerth ist der Umstand, dass sie keineswegs in solcher Regelmässigkeit wie das Glacialphänomen die Alpen umgürten. Es wurde bereits oben erwähnt, dass sie gruppenweise auftreten, an manchen Orten sind sie förmlich gehäuft, an anderen dagegen sind sie seltener oder fehlen ganz, und dieser Mangel ist mehrfach als ein schwerwiegendes Argument gegen die glaciale Bildung der Seen ins Feld geführt worden. Wenn die Seen glacialen Ursprungs sind, warum bildeten sie sich nicht überall da, wo Gletscher in den Thälern gelegen, so fragt BALL, und nach ihm haben LYELL und A. FAVRE diesen Einwand wiederholt.

Es ist aber eine Verkennung des Wesens der Gletschererosion, wenn man allüberall ihre Spuren in Seen vermuthen

Digitized by Google

wollte. Seen sind nur der zeitweilige Ausdruck eines bestimmten Falles der Gletscherthätigkeit, und so hat RAMSAY bereits in treffender Weise dem obigen Einwande entgegnet, er habe wol versucht die Bildung der Seen zu erklären, nicht aber deren Mangel. Seen sind temporäre, leicht vergängliche Gebilde. Durch mannigfache Vorgänge können sie zum Erlöschen gebracht werden. Die Seen Südbayerns liefern hierfür ein lehrreiches Beispiel. Alle diejenigen, welche von beträchtlichen Flüssen durchströmt werden, sind erloschen. Soll nun der Mangel von Seen in einer Anzahl von Thälern wirklich konstatirt werden, so ist vor allem zu entscheiden, ob nicht vielleicht erloschene Seen, welche die Landkarte nicht besonders verzeichnet, vorhanden sind. Indem wir in Südbayern die erloschenen Seen mit in Betracht zogen, zeigte sich, dass in jedem Thale, in welchem ein Gletscher die Hochebene erreichte, ein Seebecken zu erkennen ist. Für Südbayern gibt es daher obigen Einwand nicht, die Seen sind regelmässig vertheilt, und jener Einwand fällt auch für eine Reihe von Beispielen hinweg, auf die er ausdrücklich basirt worden ist.

Es wurde besonders hervorgehoben, dass die Thäler der beiden Dora nicht mit einem Seebecken gegen die Poebene abschliessen, obwol man meinen sollte, gerade hier tiefe Depressionen zu finden. GASTALDI[1]) hat in einem Briefe an LYELL nun bereits darauf aufmerksam gemacht, dass gerade am Ausgange dieser Thäler eine breite Zone harter Amphibolitgesteine gelagert sei, welche der erodirenden Thätigkeit ein unübersteigliches Hinderniss darböte. Diese Gesteinsbarre wird nur von engen Thalschluchten durchbrochen. Oberhalb der Barre dagegen sind die Thäler weit und offen, wahrscheinlich sei, dass sich hier früher Seen erstreckten. Es finden sich hier also ähnliche Verhältnisse wie in Südbayern, wo ein Molasserücken die Gletschererosion am Ausgange mancher Thäler an der Ausbildung von Becken gehindert hat, und wie sich hier oberhalb und unterhalb der Barre Seen ausdehnen, so ist es in den entsprechenden Fällen in Piemont auch gewesen. Nicht nur oberhalb der Amphibolitzone hat im Thale der Dora

---

[1]) On the effects of glacier erosion in alpine valleys. Quarterly Journal. Geolog. Soc. London. XXIX. 1873. p. 396.

Digitized by Google

Baltea ein See bestanden, wie GASTALDI vermuthet, sondern es kann keinem Zweifel unterliegen, dass auch vor diesem Thale ein Seebecken existirt hat. Man betrachte das grosse Amphitheater von Ivrea, welches von RÜTIMEYER[1]) trefflichst abgebildet wurde. Man sieht hier eine grosse Depression rings umgeben von Moränenhügeln, durch welche sich die Dora in einem ziemlich tiefen Thale einen Ausweg sucht. Einige kleine Seen liegen in dem so umgrenzten Becken, und wie CHARLES MARTINS und GASTALDI[2]) berichten, geht die Sage, dass dasselbe einst von einem See erfüllt gewesen sei, dessen Reste in den kleinen Seen von Viverone und Canvia vorliegen würden.

So also steht es mit einem jener Thäler Piemonts, deren Seenmangel als ein entschiedener Einwand gegen die Theorie der Glacialerosion betont worden ist. Berücksichtigt man nun, dass in die Thäler der Lombardei, welche durch die grossen Seen ausgezeichnet sind, sich die weichen Pliocänschichten ein Stück weit hineinziehen, während solches bei den Thälern Piemonts nicht der Fall ist, so wird man begreiflich finden, dass in den lombardischen Thälern die Gletschererosion von vornherein sich weit bedeutender entfalten konnte als in denen Piemonts, und der Gegensatz zwischen den Thälern beider Gebiete ist durchaus nicht so gross, wie man denken möchte.

Der Mangel an Seen in den Thälern der westlichen Alpen ist besonders betont worden. Allein es möge daran erinnert werden, dass LORY[3]) zu wiederholten Malen die frühere Existenz eines Beckens in der Nähe von Grenoble zu beweisen suchte. Der Isèregletscher erodirte nach der Ansicht des ausgezeichneten Geologen des Delphinats bei Grenoble um so viel, als das heutige

[1]) Eiszeit und Pliocen auf beiden Seiten der Alpen. 1876. Taf. II.

[2]) Sur les terrains superficiels de la vallée du Po. Bull. Soc. geol. de France. II. S. t. VII. 1849/50. p. 554. „Fuit autem uno tempore ab Hipporegia (Jvrea) civitate inferius tota vallis illa in montibus interclusa, lacu magno universam illam planitiem comprehendente, occupata. Quae Duria, lacu mixta, exibat suttus Mazadium (Mazze).“ Azarius, de bello camepiciano.

[3]) Description géologique du Dauphiné. Paris 1860. p. 686. — Note sur les dépôts tertiaires et quaternaires du bas Dauphiné. Bull. Soc. géol. II. S. t. XX. 1862/63. p. 363.

Digitized by Google

Isèrethal unter dem Trockenthale von St. André liegt, das sich direkt nach der Rhone zieht; das heutige Isèrethal unterhalb Grenoble ist daher ein Werk der Glacialerosion und ist vielleicht auch temporär durch einen See ausgezeichnet gewesen. Vermuthungsweise möchte schliesslich ausgesprochen werden, dass man vielleicht im Thale der Rhone bei ihrem Austritte aus dem Jura ein erloschenes Seebecken finden wird. Ausgedehnte Moore zwischen St. Genix und Morestel scheinen mir auf ein solches zu deuten. Sollte nicht vielleicht auch das Becken von Belley, welches Falsan und Chantre mit so lebhaften Farben schildern und welches nach ihnen eine Menge kleiner Seen beherbergt, ein altes Seebecken sein? Es wäre wünschenswerth, wenn die genannten Lyoner Geologen, denen so viele schätzenswerthe Beiträge zur Kenntniss des Glacialphänomens ihrer Heimat zu danken sind, ihre Untersuchungen auch auf die Frage nach dem glacialen Ursprung der Seen ausdehnen und dieselbe nicht a priori von der Hand weisen wollten.

Der Mangel an Seebecken in den Thälern der Rhone und Isère ist also wol noch bestimmter zu erweisen, als es bisher durch die blosse Betrachtung der Landkarte geschehen ist, und einstweilen muss es als sehr wahrscheinlich gelten, dass auch diese Thäler am Rande des Gebirges durch Seen ausgezeichnet gewesen sind, welche jedoch, da sie von sehr bedeutenden Flüssen durchströmt wurden, rasch erloschen sind. In den südlicher gelegenen Thälern der Durance, des Drôme, des Drac oder gar des Var freilich vermisst man jede Spur von Seen. Allein, so wenig man auch bisher über die Glacialerscheinungen in jenen Thälern weiss, so ist doch gewiss, dass dieselben dort weder die Bedeutung noch die Ausdehnung wie in den übrigen Alpenthälern erlangen, und unter solchen Umständen kann es nicht Wunder nehmen, wenn hier grössere Seen fehlen.

Man sieht, dass der Mangel an Seen in gewissen Thälern keineswegs ein so absoluter ist, wie man bei Betrachtung einer Uebersichtskarte der Alpen wol annehmen möchte. Zudem sind ja die Seen nur ein bestimmter Ausdruck eines gewissen Falles der Gletschererosion, dieselbe ist durch Bildung von Amphitheatern charakterisirt, welche keinem Gletschergebiete fehlen. Der Mangel

Digitized by Google

an grossen Seen in manchen Alpenthälern bildet also durchaus keinen Einwand gegen die Ansichten von RAMSAY und DE MORTILLET. Ein anderer, wie es scheint schwerer wiegender, erwächst jedoch aus der Lage und Gestalt des grössten Alpensees, für welchen gerade von RAMSAY der glaciale Ursprung angenommen worden ist. Fast alle Geologen, welche die Theorie der Glacialerosion bekämpfen, also BALL, LYELL, MURCHISON, A. FAVRE und Andere, führen den Genfersee wegen seiner Lage und mondförmigen Gestalt als einen Beweis gegen die Erosionstheorie auf. Der Rhonegletscher hatte mit dem Walliser Thale bei Martigny seine Richtung geändert und sich nach Nordwesten umgebogen. In dieser letzteren Richtung überschritt er nun die schweizer Ebene und schob sich gegen den Jura vor. Erratische Blöcke gerade gegenüber Martigny auf den Gehängen des Chasseron zeigen, dass der Rhonegletscher hier in seiner grössten Mächtigkeit anprallte, um dann sich an den Gehängen des Jura nach Nord und Süd weiter zu ziehen. Wenn nun der Genfersee ein Werk der Gletschererosion ist, warum liegt er nicht, so fragen BALL, LYELL, MURCHISON und A. FAVRE, gerade in der Richtung Martigny-Chasseron, in welcher sich die Hauptmasse des Eises bewegte; warum, fragt BALL weiter, erstreckt sich der Genfersee nicht bis Martigny, wo doch die erodirende Kraft des Gletschers nach RAMSAY am beträchtlichsten im unteren Theile der Alpenthäler ist; warum, fragt endlich noch A. FAVRE, hat der Genfersee seine grösste Tiefe in seiner oberen Hälfte, also da, wo am Ufer die härtesten Gesteine anstehen, und nicht dort, wo er in das Gebiet der weichen Molasse fortsetzt?

Dies sind alles, wie es scheint, sehr triftige Einwände, welche noch nicht im Einzelnen zu widerlegen versucht worden sind, und auch ich kann nur mit einem gewissen Zaudern daran gehen, sie zu bekämpfen, da mir leider die Kenntniss des Gebietes aus eigener Anschauung fehlt. Dennoch wage ich es zu thun, da mir däucht, als ob obige Fragen keineswegs so schwer wiegender Natur sind, wie gewöhnlich angenommen wird.

Wenden wir das, was wir über die Gletschererosion im Innthale kennen lernten, auf das Rhonethal an, so haben wir anzunehmen, dass in dem unteren Theile desselben der Glet-

Digitized by Google

scher stark erodirte, und da er sich weit aus den Alpen herauserstreckte, so musste er vor denselben auch eine centrale Depression erzeugen. Diese letztere muss aber in ihrer Ausdehnung und Gestalt von der Art der Gletscherverbreitung abhängig sein, so wie wir es in Südbayern nachwiesen. Nun konnte sich aber der Rhonegletscher nicht ungehindert im Alpenvorlande verbreiten. Er stiess auf den Jura, welcher seine Massen ablenkte, deflectirte. Ein Theil derselben glitt, wie schon mehrfach erwähnt, am Jura nach Süd, der andere nach Nord, und dementsprechend muss auch die centrale Depression sich vom Rhonethal nach dem Jura ziehen und an demselben nach Nord und Süd sich weiter erstrecken; sie muss, falls sie in ihrer Entwickelung von der Gletscherverbreitung abhängig ist, von T-förmiger Gestalt sein.

Wenden wir uns nach dieser spekulativen Erörterung zur Betrachtung der natürlichen Verhältnisse. Eine breite Alluvialebene dehnt sich oberhalb des Genfersees im Rhonethal bis Bex aus. Dieselbe wird allgemein als die Ausfüllung eines früheren Seetheiles angesehen, sie ist das alte Delta, welches die Rhone in den Genfersee hineingebaut hat. Es hatte also der See früher eine bedeutendere Ausdehnung als heute; er erstreckte sich in die Alpen hinein, und zwar gerade bis dahin, wo nach Ball unter Voraussetzung der Glacialerosion ein See zu vermuthen wäre. Betrachten wir nun den heutigen See. Derselbe zerfällt in zwei Theile, einen östlichen tieferen, welcher die Richtung des Rhonethales innehält, und einen westlichen seichteren, welcher senkrecht dazu in der Richtung des Jura verläuft. Die erstgenannte östliche Seehälfte ist zwischen die Alpen des Chablais und dem Molasseplateau des Jurten (Jorat) eingeschlossen. Er ist ein See im Rhonethale, wie der Thuner- und Brienzersee im Aarethale, man könnte ihn daher als Thalsee bezeichnen. Die westliche Seehälfte hingegen ist sichtlich vom Jura beeinflusst, sie folgt dem südlichen Arme des Rhonegletschers und stellt den einen Arm der deflectirten centralen Depression desselben dar. Es fragt sich nun, ob auch der andere Arm derselben zur Entwickelung gekommen ist.

Erstreckt sich nun zwar nicht ein Arm des Genfersees nach Norden, so bemerkt man doch in dieser Richtung am Fusse des

Digitized by

Jura die Seen von Neuenburg und Biel, und eine scharf ausgesprochene Depression, auf die besonders RÜTIMEYER hingewiesen hat, zieht sich von den genannten Seen nach dem von Genf. Die Scheide zwischen ihnen und dem letzteren erhebt sich nur um 75 m über den Spiegel desselben, und um blos 16 m über den Neuenburger See; bequem wird sie von dem Orbekanal überschritten. In diesen Seen liegt nun zweifellos der nördliche Arm der deflectirten centralen Depression des Rhonegletschers vor, und es kann nicht Wunder nehmen, dass derselbe nicht so tief liegt wie der südliche, wenn man berücksichtigt, dass der letztere dem Rhonethale folgt. Dieses aber war bereits vor der letzten Vergletscherung gebildet, wie die alten Anschwemmungen unterhalb Genf lehren. Es legte sich also der südliche Arm der centralen Depression in ein altes Thal, während der nördliche sich gerade auf der Wasserscheide zwischen Rhone und Rhein entwickelte. Auf derselben konnte er sich nicht als Einsenkung im wahren Sinne des Wortes geltend machen und erscheint erst auf deren nördlichen Abdachung als wahre Depression in Gestalt der Neuenburger Seengruppe. Nach den Untersuchungen von A. FAVRE ist es nun wahrscheinlich, dass der Spiegel des Genfersees nach Ende der letzten Vergletscherung 70—80 m höher lag als heute. Damals konnte derselbe mit der Neuenburger Seengruppe zusammenhängen, und vor dem Rhonethale dehnte sich eine Wasserfläche von T-förmiger Gestalt aus, von der Form also, die die centrale Depression des Rhonegletschers unter Voraussetzung ihrer glacialen Bildung annehmen musste.

Bemerkenswerthe Beziehungen lassen nun die Tiefen des Genfersees erkennen. Das untere Seeende, das wir als deflectirte centrale Depression deuten, ist im Allgemeinen nur 70—80 m tief. Legt sich also der Abfluss noch um weitere 70 m tiefer, als seit der Glacialzeit geschehen, so wird der fragliche Theil des Sees trocken gelegt und es bleibt nur die Partie erhalten, die wir als Thalsee bezeichnen. Die sonderbare Krümmung des Genfersees verschwindet, derselbe erscheint dann ganz ebenso wie die übrigen schweizer Seen. Nichts ist aber natürlicher, als dass die obere Seehälfte die tiefere ist. Sie liegt im Thale, wo der Gletscher seine erosiven Wirkungen koncentrirte, während auf dem alpinen Vorlande, wo er sich ausbreiten konnte, die

schürfende Thätigkeit naturgemässerweise eine geringere war. So erklärt sich auch, warum das obere Seeende, trotzdem es in hartes Gestein eingesenkt ist, am tiefsten ist.

Der Genfersee ist ein zusammengesetzter Erosionssee wie die meisten Seen am Nordabfalle der Alpen. Er besteht zu einem Theile aus einem Thalsee, dessen Hälfte mindestens schon erloschen ist, da er sich früher bis Bex erstreckte. Zum andern Theile besteht er aus der centralen Depression des alpinen Vorlandes, welche durch den vorliegenden Jura deflectirt ist. James Geikie[1]) nannte solche durch die Lage eines Hindernisses bedingte Becken Deflectionsbecken, und als ein solches können wir die untere Hälfte des Genfersees bezeichnen. Die Tiefen harmoniren mit dieser Vorstellung. Somit steht der Genfersee seiner Lage, Gestalt und Tiefe nach in Beziehungen zur Vergletscherung. Seine Bildung erklärt sich leicht durch Annahme der Glacialerosion, deren Richtung und Intensität durch die präglaciale Konfiguration des Landes bestimmt wurde. Aber er ist nicht das alleinige Werk des Rhonegletschers; die Spuren dessen erodirender Thätigkeit liegen auch in der Neuenburger Seengruppe vor, und diese, welche gleichfalls als Deflectionsbecken bezeichnet werden können, sind vereint mit dem Genfersee zu betrachten, wenn man die erodirende Thätigkeit des Rhonegletschers verfolgen will.

Der Genfersee bietet sicher kein Beispiel eines Alpensees, welcher nur widerstrebend sich der Annahme der Glacialerosion fügt und aus dessen Lage man gegen die letztere argumentiren könnte. Bonney[2]) hat nun auf Grund der Lage einiger anderer Seen die Glacialerosionstheorie bekämpft. Er weist darauf hin, dass der Königssee und Hallstätter See, der eine südwestlich, der andere südöstlich von Salzburg gelegen, an Enden von Sackthälern auftreten, während die grösseren Seen des Salzkammergutes, nämlich der Wolfgang-, Fuschl-, Atter-, Mond-, Irr- und Traunsee, gänzlich ausser den Bahnen der alten Gletscher liegen sollen. Es sei

[1]) The Great Ice Age. 2. Aufl. p. 289.

[2]) Lakes of the north-eastern Alps an their bearing on glacier-erosion theory. Quart. Journ. geol. Soc. London XXIX. 1873. p. 382.

Digitized by Google

daher undenkbar, dass diese Seen glacialen Ursprungs wären. Dasselbe gelte vom Zeller See, und die Ansichten RAMSAY's seien daher unhaltbar.

Ich kenne die Mehrzahl der genannten Seen nur durch eine flüchtige Begehung, und den Hallstätter und den Traunsee habe ich gar nicht gesehen; dennoch aber kann ich auf die gänzliche Grundlosigkeit der Schlüsse BONNEY's aufmerksam machen. Königssee und Zellersee wird niemand für glacialen Ursprungs halten, wenn er diese Seen nur flüchtig gesehen hat. Der Königssee dürfte ein altes Einsturzgebiet repräsentiren, der Zellersee ein abgedämmtes Thal. Dieser Umstand bedingt keineswegs, dass andere Seen nicht glacialen Ursprungs sind. BONNEY hätte sich vergegenwärtigen sollen, als er RAMSAY's Theorie auf Grund dieser Thatsachen angriff, dass jene Theorie nur der Entstehung gewisser Alpenseen gewidmet ist, dass man daher aus der grossen Zahl alpiner Wasseransammlungen nicht diese oder jene herausgreifen kann, um an ihnen die Unanwendbarkeit jener Theorie zu beweisen. Ausser den Seen glacialen Ursprungs gibt es auch andere in den Alpen, und würde BONNEY die Literatur über die von ihm durchstreifte Gegend benutzt haben, so würde ihm nicht entgangen sein, dass schon 1851 HAILER[1]) den Königsee für einen Einsturzsee angesprochen hat.

Dass die grossen salzburger Seen, welche sich von den schweizer und südbayerischen Seen durch ihre Lage am Rande des Gebirges auszeichnen, nicht gegen die Ansicht RAMSAY's ins Feld geführt werden können, lehrte mich schon ein flüchtiger Besuch. Sie liegen in alten Gletscherbetten, und an ihren Ufern treten häufig Gletscherschliffe auf. Allerdings bestreitet BONNEY dies und macht darauf aufmerksam, dass diese Seen zum Theil in Sackthälern liegen, in welche nimmer hätten Gletscher eindringen können. Würde BONNEY die enorme Entwickelung in Betracht gezogen haben, welche die Alpengletscher zur Diluvialzeit besassen, so wäre ihm sicher der Gedanke gekommen, dass die Gletscher über niedrige Pässe in jene Thäler eindringen konnten, und hätte er den erratischen Gebilden jenes Gebietes nur vorüber-

[1]) Vergl. SCHAFHÄUTL, Geognostische Untersuchungen. 1851. p. 198.

Digitized by Google

gehende Aufmerksamkeit geschenkt, so würde er den thatsächlichen Beweis für diese von ihm bestrittene Erscheinung gefunden haben.

In einer andern Abhandlung sucht BONNEY [1]) die Unanwendbarkeit von RAMSAY's Theorie auf die Seen des Engadin, sowie den Comer- und Ortasee zu beweisen. Ich kann seiner Argumentation nicht folgen, da ich jene Seen nicht kenne; denn BONNEY verschmäht es auch hier, die Lage der Seen in grossen Zügen zu erfassen, sowie die Gletscherverbreitung in ihrer Allgemeinheit zu betrachten. Nur möchte ich darauf aufmerksam machen, dass bisher noch Niemand den glacialen Ursprung der Engadiner Seen [2]) behauptet hat, solches ist nur von den beiden genannten lombardischen geschehen, und betreffs des Verhältnisses dieser letzteren zur Vergletscherung sind BONNEY's Mittheilungen ebenso dürftig, wie seine Berichte über die salzburger Seen.

Verschiedene Wege führten uns zur Annahme der glacialen Bildung der Erosionsbecken in Südbayern. Wir konstatirten ihr Beschränktsein auf das alte Gletschergebiet, wir fanden, dass sie genau in dem Gebiete liegen, wo die Gletscher erodirt haben, nachdem wir uns vergewissert, dass solches wirklich geschehen, und suchten dann nachzuweisen, dass sie nur während der Glacialzeit entstanden sein könnten. RAMSAY begründete seine Theorie besonders auf die Lage der Seen und den Nachweis der Gletschererosion; wir haben jetzt die Einwände erörtert, welche gegen seine Argumente erhoben worden sind, und müssen bekennen, dass wir kein einziges derselben irgendwie stichhaltig fanden. Jetzt erübrigt uns noch den Einwänden gegen das junge Alter der Seen zu begegnen, denn es gibt wol keine Thatsache, welche bestimmter zu Gunsten der glacialen Bildung mancher Alpenseen spricht, als gerade diese.

Es war das Verhältniss der mächtigen im Konnex mit der Glacialformation stehenden Schotterablagerungen zu den Seen,

---

[1]) Notes on the Upper Engadine and the Italian Valleys of Monte Rosa, and their Relation to the Glacier-Erosion Theory of Lake-basins. Quart. Journ. geolog. Soc. London XXX. 1874. p. 479.

[2]) HEIM deutet dieselben als Abdämmerungsseen. Seen des Oberengadin. Jahrb. Schweiz. Alpenclub. XV. 1880.

Digitized by Google

welches uns auf deren junges Alter schliessen liess. Die Seen sperren die Alpenthäler ab; wenn sich nun alpines Geröll unterhalb der Seen findet, so bedarf dessen Auftreten einer besonderen Erklärung. Zwei verschiedene Theorien suchen dieselbe zu geben. Nach der einen sind die grossen Seen präglaciale Becken, welche durch die Vergletscherung konservirt worden sind, nach der andern sind sie ein Werk derselben, sind durch dieselbe erodirt. Es stehen sich hier zwei verschiedene Meinungen schroff gegenüber, welche den Thatbestand beide zu erklären vermögen.

Agassiz [1]) war der Erste, welcher Ablagerungen alpinen Gerölls unterhalb der grossen schweizer Seen wahrnahm. Er erklärte das Auftreten desselben durch die Gletschertheorie. Die Gletscher, sagte er, haben die Alpenseen völlig erfüllt gehabt und über dieselben Gesteinsmaterial hinweg geschafft. Letzteres wurde dann eine Beute der Gletscherwasser und unterhalb der Seen abgelagert. So lehrte Agassiz zuerst, dass die Alpenseen durch die Vergletscherung konservirt worden seien, und das Vorkommen von alpinem Geröll unterhalb dieser Seen wurde ihm zur Stütze der Gletschertheorie.

Agassiz kannte noch nicht das Verhältniss der diluvialen Geröllablagerungen zu den Moränen. Als sich nun herausstellte, dass jene Schotterbildungen, welche gemeinhin als „alluvions anciennes“ zusammengefasst wurden, durchweg älter als die Moränen sind, als man in denselben ein eigenes Formationsglied zu erkennen meinte, musste es sich nun von neuem fragen, wie sich jene Anschauungen erklären liessen. Zwei Theorien suchen nun das Vorhandensein solcher alpinen Geröllmassen unterhalb der Alpenseen zu deuten.

Morlot [2]) fand in der Gegend des Genfersees in den dortigen alten Anschwemmungen walliser Gesteine. Da er nun in diesen alten Anschwemmungen ein eigenes Formationsglied vor sich zu haben glaubte, welches er für eine interglaciale Bildung hielt, so wurde ihm das oben erwähnte Verhältniss zu einer neuen Stütze

[1]) Untersuchungen über die Gletscher. 1841. p. 304.

[2]) Note sur la subdivision du quaternaire en Suisse. Arch. bibl. univers. de Genève. XXIX. 1855. p. 33.

Digitized by Google

seiner Ansichten. Er glaubte dasselbe durch die Annahme erklären zu können, dass vor Ablagerung der alten Anschwemmungen bereits eine Vergletscherung stattgefunden habe, welche walliser Gesteine über den Genfersee brachte. Dieser letztere sei während der Vergletscherung konservirt worden.

In der That, diese Annahme MORLOT's gibt eine völlige Erklärung aller Verhältnisse, aber die Fundamentalvoraussetzung, dass nicht nur nach, sondern auch schon vor Ablagerung der alten Anschwemmungen eine Vergletscherung stattgefunden habe, also die Voraussetzung zweier verschiedener Vergletscherungen, fand lebhaften Widerspruch. Besonders war es G. DE MORTILLET [1]), welcher diese Voraussetzung bekämpfte. Da er aber gleich MORLOT die alten Anschwemmungen für ein besonderes Formationsglied hielt, so musste er nun in besonderer Weise deren Verhältniss zu den Seen erklären. Er that dies auch unter der Annahme, dass die Seen zur Zeit der Ablagerung jener Schotter noch nicht existirten, bezüglich dass da, wo sie sich heute ausdehnen, früher Geröllfelder sich ausbreiteten. Nun fand die Geröllablagerung vor der Vergletscherung statt, nach derselben sind die Seen vorhanden, diese letzteren können nur während der Vereisung entstanden sein.

Solange man mit DE MORTILLET und LORY annimmt, dass die alten Anschwemmungen die Strombildungen einer besonderen präglacialen Periode sind, muss man in der That die Seen stets für jünger erachten als diese Anschwemmungen und wird geneigt sein, sie auf erodirende Wirkungen des Eises zurückzuführen. Allein die Ansichten von DE MORTILLET und LORY über das Alter der alten Anschwemmungen werden nicht allgemein getheilt, vielmehr werden die letzteren fast von allen Seiten für glacialen Alters und glacialen Ursprungs gehalten, und diese Meinung scheint zu anderen Ergebnissen über das Alter der Alpenseen zu führen.

---

[1]) Note géologique sur Palazzolo et le lac d'Iséo en Lombardie. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 888. — Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes. Atti soc. ital. di sc. nat. t. III. 1861. p. 44.

Digitized by Google

Schon BLANCHET[1]) hatte unternommen, die alten Anschwemmungen am Genfersee als Glacialgebilde zu deuten, er nahm an, dass ihr Material durch den Gletscher über den Genfersee gebracht worden sei. Dasselbe sei dann theilweise umgelagert worden, dann erscheine es als Geröll, theilweise sei es in seiner ursprünglichen Form erhalten und trete als Moräne entgegen. Diese Moräne könne das Geröll überlagern.

OMBONI[2]) glaubte unter einer ähnlichen Voraussetzung gleichfalls das Auftreten von alpinen Geröllen unterhalb der Alpenseen erklären zu können, ohne annehmen zu müssen, dass die Seen zur Zeit der Ablagerung jener Gerölle noch nicht existirten. Er behauptete, dass die Seen von den alpinen Gletschern erfüllt wurden; die denselben entströmenden Gewässer bildeten unterhalb der Seen Anschwemmungen, welche sich aus dem durch das Eis über die Seetiefen verfrachteten alpinen Materiale zusammensetzen, später schoben die Gletscher sich noch ein Stück über diese Anschwemmungen hinweg und lagerten über denselben Grundmoränen ab. OMBONI griff also auf die Ansicht von AGASSIZ zurück, dass die Seen durch das Eis vor Ausfüllung geschützt, also konservirt wurden, und bekämpfte die Theorie von deren glacialer Bildung. Er führte diese Meinung später weiter aus[3]), und suchte so alle jene Phänome zu erklären, welche DE MORTILLET und sodann GASTALDI für den glacialen Ursprung der Seen betont hatten; es gelang ihm vor allem auch, eine befriedigende Erklärung über die Bildung der „Amphitheater“ GASTALDI's, jener Moränenhalbkreise zu geben, welche das untere Ende der italienischen Seen umschlingen. A. FAVRE äusserte betreffs des Genfersees ganz ähnliche Ansichten, wie OMBONI über die oberitalienischen Seen, und weit entfernt, den Léman durch das Eis ausschleifen zu lassen, nimmt er an, dass derselbe durch den Gletscher kon-

[1]) Terrain erratique alluvien du bassin du Léman. Lausanne 1844. p. 8.

[2]) I ghiacciaj antichi e il terreno erratico di Lombardia. Atti soc. ital. di scienze nat. III. 1861. p. 232—299 (287).

[3]) Sull' azione riescavatrice esercitata dagli antichi ghiacciaj sul fonde delle valli alpine. Atti soc. ital. d. sc. nat. V. 1863. p. 259.

Digitized by Google

servirt wurde. Die dem letzteren entströmenden Gewässer hätten die alten Anschwemmungen bei Genf abgelagert, und der Gletscher habe dieselben bei späterem Vorwärtsschreiten mit Grundmoränen bedeckt.

Ebenso wie es bei Entscheid über die Möglichkeit der Gletschererosion auf die Annahmen über die Bildung der Grundmoräne ankommt, handelt es sich also bei der Theorie über die Bildung der Alpenseen um das Alter und den Ursprung der alten Anschwemmungen. Wir haben in Südbayern und Nordtirol gesehen, dass die „alten Anschwemmungen" aus mehreren, verschieden alten Gliedern bestehen, welche wir für die Anschwemmungen von verschiedenen Vergletscherungen halten müssen. Diese Ansicht kann uns wol erklären, warum die einzelnen Glieder dieser alten Anschwemmungen nicht die gesetzmässige Regelmässigkeit in ihrer Verbreitung zeigen wie rein fluviatile Gebilde, sie kann uns vor allem ermöglichen anzunehmen, dass an der Peripherie der alten Gletschergebiete Schotter in höherem Niveau auftreten als näher nach derem Centrum hin, ohne voraussetzen zu müssen, dass sie dort in höherem Niveau entwickelt gewesen sind. Um dies durch ein Beispiel zu beleuchten, so sei erwähnt, dass wir, um das Auftreten der Glacialschotter an der Peripherie des Inngletschers in weit höherem Niveau als dessen centraler Depression zu erklären, keineswegs voraussetzen müssen, das ganze Rosenheimer Becken sei mit solchen Schottern bis zur betreffenden Höhe erfüllt gewesen. Aber dennoch können wir nicht der Ansicht Omboni's und A. Favre's über die Erhaltung der Seen beipflichten.

Indem wir die unteren Glacialschotter verfolgten, von welchen namentlich das gilt, was Omboni und A. Favre von der ganzen Masse der alten Anschwemmungen annehmen, fanden wir dieselben in den Thälern des Gebirges, wir fanden sie auf der Hochebene wieder, nur da, wo sich die seenreichen centralen Depressionen ausdehnen, setzen sie aus. Soll man nun annehmen, dass ihre Bildung hier überhaupt nicht stattgefunden habe? Gewiss nicht; denn ebenso gut wie sich im Innthale vor dem Eintreten der Vergletscherung 300 m Schotter aufthürmten, musste solches auch an der Stelle des Rosenheimer Beckens geschehen, und diese Schuttmasse

Digitized by Google

würde vollauf genügen, dieses Becken gänzlich auszufüllen. Ueber diese Schwierigkeit hilft uns nicht der Umstand, dass die Glacialschotter in verschiedenem Niveau auftreten können, ohne dass eine ursprüngliche Kontinuität derselben anzunehmen ist. Es handelt sich nicht allein darum, wie das alpine Material über jene Becken gekommen ist, sondern vor allem darum, warum die Schotterbildung, welche sonst im Gebirge kontinuirlich zu verfolgen ist, hier plötzlich aussetzt, um an der Peripherie des Gletscherbereiches von neuem zu beginnen. Es ist ein Fundamentalfehler der Theorie von Omboni und A. Favre, wie schon von de Mortillet [1]) hervorgehoben worden ist, dass sie nur die unterhalb der Seen entwickelten alten Anschwemmungen berücksichtigt. Die Glacialschotter sind aber nicht nur am Rande der alten Gletscher abgelagert, sondern überall vor denselben bei deren Herannahen. Ziehen wir nicht bloss einseitig, wie Omboni und A. Favre, diejenigen Glacialschotter in Betracht, welche unterhalb der Seebecken entwickelt sind, sondern auch die oberhalb derselben entfalteten, so müssen uns die südbayerischen centralen Depressionen als Unterbrechungen in einer kontinuirlichen Ablagerung erscheinen, und sie können dann nur als Erosionsphänomene gedeutet werden. In der That lehrte uns dann auch die Betrachtung der einzelnen grösseren Seen, dass sie erodirt sind in die Ablagerung der unteren Glacialschotter, was sich namentlich exakt von den Seen der Isargebietes erweisen liess.

Es zeigte sich, dass überall in den Alpen der Vergletscherung eine Schotterbildung unmittelbar vorausging, dies lehrte das Studium der Literatur. Es gelang uns ferner, in Südbayern eine derartige feste Beziehung zwischen deren Ablagerung und der Gletscherausdehnung zu erkennen, dass wir wol sagen können: Ueberall wo sich die diluvialen Gletscher entfalteten, ging ihnen eine Schotteranhäufung unmittelbar voraus. Dies berechtigt uns anzunehmen, dass alle jene Alpenseen, deren glacialen Ursprung wir verfochten, und die, wie wir wissen, besonders

[1]) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti soc. ital. di scienze nat. V. 1863. p. 248. No. 6.

Digitized by Google

am Rande des Gebirges entfaltet sind, Unterbrechungen in den fortlaufenden Ablagerungen der Glacialschotter darstellen, also erst nach Bildung derselben entstanden sein können.

Nun muss ich freilich bekennen, dass mir keine direkte Mittheilung bekannt geworden ist, ob gerade in dem Wallis oberhalb des Genfersees oder in den Thälern des Tessins oder der Adda oberhalb der italienischen Seen die Glacialschotter in ihrer gewöhnlichen Mächtigkeit entfaltet sind. Die Literatur gibt hierüber keine Auskunft, und aus eigner Anschauung kenne ich jene Gegenden nicht. Ich weiss nur, dass im Wallis im Thale von Entremont[1]) enorme Schottermassen entfaltet sind, und gute topographische Karten lassen im oberen Rhonethale deutlichst den Verlauf von Terrassen erkennen. Ich kann also nicht zweifeln, dass die Glacialschotter auch hier vorhanden sind. Nach der Entfaltung derselben im Isère-, Rhein- und Innthal zu urtheilen, möchte ich ihre Mächtigkeit im Wallis auf nicht unter 200 m schätzen. Ist dies der Fall, ging der Ausdehnung des Rhonegletschers eine 200 m mächtige Schotterbildung voraus, so musste dieselbe einen präglacialen Genfersee von der Tiefe und Ausdehnung des heutigen völlig ausfüllen. Denn wenn auch heute dieser See eine Maximaltiefe besitzt, die 200 m übertrifft, so bleibt doch seine mittlere Tiefe weit hinter jener Zahl zurück. Die thatsächlichen Verhältnisse widersprechen durchaus nicht der Annahme, dass die Seebecken, falls sie präglacial sind, durch Schotter völlig ausgefüllt wurden, um dann erst wieder durch das Eis ausgehöhlt zu werden. Eine Konservirung der Seebecken durch das Eis, eine Bewahrung vor Ausfüllung ist also selbst bei der Annahme des glacialen Ursprungs der alten Anschwemmungen durchaus nicht anzunehmen.

Wir haben bisher nur immer die letzte Vergletscherung in Betracht gezogen. Weit schwieriger, weit unmöglicher erscheint die Konservirung der Seebecken, wenn wir uns erinnern, dass dreimal die Gletscher sich in den Alpen entfalteten, dass dreimal enorme Schotterbildungen ihnen vorausgingen. Auf den ersten

[1]) A. Favre, Recherches géologiques. 1867. Bd. I. p. 105. § 91.

Digitized by Google

Blick möchte es freilich scheinen, als ob durch die Annahme zweier Vergletscherungen sich manches einfacher gestalte. So sagt MORLOT[1]): „Der Umstand, dass die Schotterbildungen unterhalb des Genfersees Gerölle solcher Gesteine enthalten, welche oberhalb des Sees anstehen, lässt sich nur dadurch erklären, dass vor Ablagerung des Gerölls bereits durch den Gletscher Material über den See gebracht wurde, welches dann dem Gerölle einverleibt wurde.“ Mag sich so vielleicht die Zusammensetzung mancher Geröllschichten erklären lassen, thatsächlich wird aber die Theorie über die Konservirung der Seebecken weit schwieriger, weit unhaltbarer, wenn man mehrere Vergletscherungen annimmt. Da musste das Becken bewahrt werden vor Ausfüllung durch die Schotter der ersten Vereisung, es musste sich während einer langen Interglacialzeit erhalten, es durfte weder von Bergwässern zugeschüttet werden, noch durfte es vertorfen; dann endlich musste es vor den Schottern geschützt werden, welche die zweite Vergletscherung einleiteten. DESOR[2]) hat versucht, die Konservirung der Seebecken mit der Annahme zweier „Glacialphasen“ in Einklang zu bringen. Er macht zu diesem Behufe folgende Voraussetzungen: 1. Schritt das Eis der ersten Vergletscherung so rasch vorwärts, dass es die (präglacialen) Seen erreichte, bevor diese durch Schotter ausgefüllt wurden. 2. Während der Interglacialzeit blieb in den Tiefen der Becken eine Eisschicht erhalten, über welche Schotter abgelagert wurden. 3. Nach Rückzug der letzten Vergletscherung thaute das Eis in jenen Becken, und dieselben gestalteten sich in Seen um. Ich will nun nicht lange erörtern, was alles der Annahme entgegensteht, dass die erste Vergletscherung so rasch vorschritt, dass sie die Seen erreichte, bevor dieselben ausgefüllt wurden — DE MORTILLET[3]) hat diesen Punkt schon eingehend gegenüber den Ansichten OMBONI's beleuchtet —, ich möchte nur auf den hohen Grad von Unwahrscheinlichkeit, um nicht gerade zu sagen vollkommener Unmöglichkeit, hinweisen, den die An-

[1]) Note sur la subdivision du quaternaire en Suisse. Archives bibl. universelle de Genève. 1855. XXIX. p. 33.

[2]) Le Paysage morainique. 1875. p. 77.

[3]) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti soc. ital. d. scienze natur. V. 1863. p. 248. No. 6.

Digitized by Google

nahme mit sich führt, dass sich Eis in den Seetiefen während einer längeren Zeit erhielt, die durch ein mildes Klima ausgezeichnet ist.

Allerdings, die Annahme mehrerer Vergletscherungen kompli-cirt in mancher Hinsicht die Sachlage. Jede Vergletscherung erodirt Depressionen, jede Interglacialzeit arbeitet an deren Ausgleichung, und jede herannahende Vergletscherung schüttet sie vollends zu. Aber nur die Annahme mehrerer Vergletscherungen erklärt uns, warum die grossen Seen und Becken neben Zeichen grosser Jugendlichkeit auch Züge grossen Alters tragen, warum sich auf der einen Seite zeigt, dass z. B. das Rosenheimer Becken bei Eintritt der letzten Vergletscherung nicht als See bestanden hat, aber schon früher einen solchen beherbergte, warum J. Bachmann[1]) am Thunersee ein altes Delta fand, wiewol wir auch diesen See für ein Werk der letzten Vergletscherung halten. Die grossen Alpenseen sind weit davon entfernt, permanente Gebilde zu sein, sie sind periodische Erscheinungen in den Thälern, von neuem gebildet bei jeder neuen Vergletscherung.

Wir haben nun der Reihe nach alle die Einwände betrachtet, welche gegen die Theorie vom glacialen Ursprung der Alpenseen gemacht worden sind. Zunächst vergewisserten wir uns nochmals, nachdem wir durch das Studium unseres Gebietes auf jedem Schritte dazu geführt wurden, dass die Gletscher wirklich erodiren und durch ihre transportirende Thätigkeit in den Stand gesetzt sind, Becken zu erodiren. Wir überzeugten uns von der Möglichkeit der Theorie. Dann suchten wir den Einwänden zu begegnen, welche aus dem Mangel von Seen an gewissen Stellen, aus der Gestalt des Genfersees gegen diese Theorie gemacht wurden. Wir fanden, dass der Mangel an Seen sich in einigen der meist betonten Fällen nur eine sekundäre Erscheinung ist, und der Genfersee erschien uns in seiner Gestalt durchaus bedingt durch die Glacialerosion. Schliesslich prüften wir die Einwände, welche gegen das jugendliche Alter der Seebecken gemacht wurden, und dabei gelang es uns, deren Alter noch viel präciser zu bestimmen, als es de Mortillet möglich war. Wir sahen, dass die Seen erst während der letzten Vergletscherung entstanden sein können.

---

[1]) Die Kander im Berner Oberlande. 1870. p. 58.

Digitized by Google

Zwischen den Theorien von DE MORLILLET und RAMSAY, welche uns über den glacialen Ursprung der Seen unterrichteten, gibt es aber einen nicht geringen Unterschied, welcher besonders durch das Eingreifen von GASTALDI [1]) präcisirt worden ist. RAMSAY, von der geographischen Seite des Phänomens ausgehend, führt die Seen und Becken ausschliesslich auf die Wirkungen der Gletscher zurück; DE MORTILLET und GASTALDI hingegen nahmen das junge Alter der Seen als Ausgangspunkt, und sie erwiesen nur, dass die Seen, wie sie jetzt vorliegen, ein Werk der Glacialerosion seien. Sie entwickelten die Anschauung, dass an ihrer Stelle von vornherein Becken existirten, welche durch die alten Anschwemmungen ausgefüllt wurden, um durch das Eis wieder ausgeschürft zu werden. Sie lehrten nur eine glaciale Wiederaushöhlung der Seen, und diese Theorie erscheint auch geeignet, sowol das Auftreten dieser Seen in alten Gletschergebieten, als auch deren jugendliches Alter, sowie vor allem deren Mangel an gewissen Stellen zu erklären. Dagegen lässt sie nicht die auffällige geographische Abhängigkeit der Seen von der ehemaligen Gletscherverbreitung erkennen, und dieser Umstand dürfte wol zu Gunsten der Theorie RAMSAY's reden. Allein es fragt sich, ob nicht vielleicht andere Ursachen die Lage und Entstehung dieser Becken passender erklären, als es RAMSAY's Theorie thut, ob sich nicht Thatsachen finden, welche die Ansichten DE MORTILLET's und GASTALDI's bestätigen, und welche uns lehren, dass die Seen alte präglaciale Becken sind, die während der Diluvialzeit ausgefüllt und wieder ausgehöhlt worden sind. Unter den sechs Einwänden LYELL's gegen RAMSAY's Ansichten findet sich als letzter der folgende: „Es gibt auch Erklärungen über die Entstehung der Seen, welche nicht auf die Glacialerosion zurückgreifen, aber dennoch deren Bildung erklären.“ Dies führt uns zur Betrachtung der Theorien über den Ursprung der Alpenseen.

---

[1]) Sulla escavazione (affouillement) dei bacini lacustri compresi negli anfiteatri morenici. Atti coc. ital. d. sc. nat. V. 1863. p. 240.

Digitized by Google

Kapitel XXVIII.

Andere Theorien über die Bildung der Alpenseen.

Historischer Werth der Theorien von RAMSAY und DE MORTILLET. Alpenthäler und Alpenseen. Beide als Folgen der Gebirgsbildung, MURCHISON, DESOR, STUDER. Alpenthäler Erosionsgebilde, Ansichten von RAMSAY und HEIM. Alpenseen abgedämmte Thäler, LYELL, BALL, BONNEY, RÜTIMEYER. Widerlegung von RÜTIMEYER's Ansichten. Die Seen periodische Bildungen. Seen Skandinaviens. Fjorde submarine Seebecken. Fjorde littorale Glacialbildungen. Geologische Bedeutung der Fjordküsten.

Man möge über die Theorien von RAMSAY und DE MORTILLET denken was man will, nie wird man aber verkennen dürfen, dass diese Forscher es gewesen sind, welche die Frage nach dem Ursprung der Alpenseen ungemein anregten, dass sie dieselben zuerst zu einem besonderen Gegenstande wissenschaftlicher Untersuchungen machten, und dass sie den Anstoss zu einem genauen Studium derselben gaben. Mag man daher ihre Anschauungen jetzt schon für unrichtig halten, mag man glauben, dass die Zukunft die Irrigkeit derselben noch erweisen wird — was wol nicht gerade anzunehmen ist —, den grossen historischen Werth darf man diesen Theorien nicht bestreiten, und schon deshalb verbietet es sich, sie „abenteuerlich“ zu nennen.

Fast sämmtliche Theorien über den Ursprung der Alpenseen, ausgenommen die Glacialtheorie, gipfeln darin, dass die Seen präglacial sind. Sie erklären deren Zustandekommen durch Wirkung eben derselben Kräfte, deren Thätigkeit bei Gestaltung der Erdoberfläche in Anspruch genommen wird, und zwar zumal durch diejenigen, welche thalbildend wirken. Die Frage nach dem Ursprung der Alpenseen verwächst somit innig mit den Ansichten über die Entstehung der Thäler. Aber gerade in diesem Punkte gehen die Meinungen sehr auseinander. Nach der einen Annahme sind die Alpenthäler bei Hebung des Gebirges gebildet worden und sind also primär, nach der andern hingegen sind sie die Werke des fliessenden Wassers, demnach Erosionsgebilde, und sind sekundär. Beide Anschauungen stehen sich heute schroff gegenüber, doch dürfte die letztgenannte, welche durch HUTTON und PLAY-

Digitized by Google

FAIR begründet wurde, in neuerer Zeit wieder mehr zur Geltung gekommen sein.

„Bis vor kurzem schienen die Geologen darüber einig zu sein, dass die zahlreichen tiefen Oeffnungen und Einsenkungen, welche in allen hohen Gebirgen auftreten, von vornherein auf Sprünge und Spalten sowie auf Denudation zurückzuführen seien", mit diesen Worten charakterisirt MURCHISON [1]) die erstere Annahme. Dieselbe setzt voraus, dass die heutige Erdoberfläche noch ziemlich in derselben Weise vor uns liegt, wie sie sich bei Hebung der Gebirge bildete; dass die einzelnen Schichtengewölbe als Bergketten erscheinen, während die Mulden Thäler sind, dass ferner bei der Hebung mannigfache Risse, Sprünge und Spalten entstanden, welche den Grund zur Bildung der Thalsysteme legten. Die Seen nun sollen solch tiefe Spalten sein, welche vor Ausfüllung mit losem Schutte bewahrt worden sind.

Allein es zeigte sich, dass durchaus nicht alle Alpenseen auf diese Weise entstanden sein können. Ein Jahr nachdem G. DE MORTILLET zum ersten Male [2]) seine Theorie über die Aushöhlung der Seebecken entwickelt hatte, trat DESOR [3]) mit dem Versuche einer natürlichen Klassifikation der schweizer Seen an die Oeffentlichkeit. Er unterschied zwei wesentlich verschiedene Arten von Seen, welche er als orographische und als Erosionsseen bezeichnete. Nur die ersteren hielt er für primär, nämlich bei der Hebung des Gebirges entstanden, wie er später mehrfach ausdrücklich ausführte; die letzteren betrachtete er lediglich als Erosionserscheinungen. Der untere Theil des Genfersees, die Neuenburger Seengruppe, der Züricher- und Bodensee, sowie der untere Theil des Vierwaldstätter Sees sollten derartige Erosionsseen sein, zu welchen auch der Ammer- und Würmsee Oberbayerns gezählt werden. Die Erosionsseen werden dadurch charakterisirt, dass sie ausser Beziehung zum Gebirgsbaue stehen, während die orographischen von

[1]) Anniversary Address to the Geographical Society. Glaciers. Proceedings Roy. geogr. Soc. Bd. VIII. 1863/64. p. 221.

[2]) Note géologique sur Palazzolo et le lac d'Iséo en Lombardie. Bull. Soc. géol. de France. II. S. t. XVI. 1858/59. p. 888.

[3]) De la physionomie des lacs Suisses. Revue Suisse. XIII. 1860. p. 1. 139.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF

demselben abhängig sind. Je nach der Art dieser Abhängigkeit unterschied DESOR Clusen- (Querthal-), Vallon- (Synklinal-) und Comben- (Isoklinal-)Seen, indem er eine im Jura gewonnene Eintheilung auf die Alpen übertrug. Hiergegen wies jedoch STUDER[1]) schlagend nach, dass die Alpenthäler und Alpenseen sich nicht so einfach auf die Typen des Jura zurückführen lassen; er zeigte an mehreren Beispielen, dass die schweizer Thäler zusammengesetzt sind, bald isoklinal, bald synklinal, bald antiklinal sind, und damit ist die Unhaltbarkeit der DESOR'schen Eintheilung der Alpenthäler und Alpenseen völlig erwiesen worden. STUDER meinte, dass die Alpenthäler jedenfalls auf sehr unregelmässige Spalten zurückzuführen seien. Die Seen hält STUDER für die Produkte lokaler Senkungen, welche theilweise vielleicht erst in der Postglacialzeit entstanden, und hält eine Eintheilung in Clusen-, Vallon-Combenseen für unzulässig. Dasselbe lässt sich von den Seen und der bayerischen Alpen behaupten.

Die Ansicht, dass die Alpenthäler ein System von Sprüngen und Spalten seien, hat in neuester Zeit lebhaften Widerspruch erfahren. Zunächst wurde darauf aufmerksam gemacht, dass das Aussehen der Gebirge nicht dasjenige von zerklüfteten Massen ist. Betrachtet man eine Alpenkette, so sieht man die Gipfel wie die Zähne einer Säge aneinandergereiht, nicht aber tiefe Risse zwischen ihnen. Nicht minder widerspricht der Lauf der Thäler jener Ansicht. Wenn die Thäler Spalten sind, warum durchsetzen sie nicht quer das Gebirge, warum ist der centrale Theil des Gebirges im Allgemeinen auch die Wasserscheide? Wenn die Seen tiefe Spalten sind, warum finden sie sich denn in der Randzone des Gebirges so sehr häufig? Warum fehlen sie dann in Gebieten, welche in lebhafter Gebirgsbildung begriffen sind; warum zeichnet sich nicht die Kette der Anden durch eine reich entwickelte Seenbildung aus? Warum bilden sich heute keine Spalten mehr? Angestellte Rechnungen lehren des weiteren, dass, wenn ein Distrikt gehoben wird, sich wol kleine Risse bilden können, nimmer aber meilenlange breite Thäler.

[1]) Sur l'origine des lacs Suisses. Archives bibliothèque univers. de Genève. 1863. XIX. p. 89. — On the Origin of the Swiss Lakes. Philos. Magaz. IV. S. XXVII. 1864. p. 481.

Digitized by Google

Es würde zu weit führen, hier auf die zahlreichen Argumente einzugehen, welche sich gegen die Spaltentheorie erheben, es würde dies nur die Wiederholung einer Reihe in neuester Zeit oft geäusserter Bedenken sein. Eingehende Untersuchungen haben ja nun endgültig das Verhältniss der Thäler zum Gebirgsbau in den Alpen erkennen lassen.

Gleichsam prophetisch äusserte sich RAMSAY[1]) im Jahre 1864 folgendermaassen: „Wenn alle Verwerfungen und Faltungen verzeichnet sind, wenn geologische Profile im wahren Verhältnisse durch die Alpen aufgenommen, dann erst wird es möglich sein, mit Genauigkeit über die Abtragung der Berge zu urtheilen, und es wird sich zeigen, dass ehe die jetzigen Thäler das Licht erblickten, ungeheuere Schuttmassen weggeführt werden mussten, und dass die Thalbildung lange nach der letzten beträchtlichen Faltung der Schichten vor sich ging.“ Was RAMSAY als eine Arbeit der Zukunft bezeichnete, ist heute durch die mühevollen eingehenden Untersuchungen HEIM's[2]) im Gebiete der Tödi-Windgällen-Gruppe gethan. Mit grösster Genauigkeit ist eine geologische Karte des Gebietes entworfen, und im wahren Verhältnisse von Höhe zu Länge sind Profile mitgetheilt worden. Da zeigt sich nun in auffälligster Weise, dass das jetzige Relief der Alpen durchaus nicht derem geologischen Bau entspricht. Heute finden sich schroffe Kämme da, wo der Geologe Mulden nachweist, und umgekehrt erstrecken sich Thäler auf dem Gebiete von Schichtensätteln. Zwischen Streichungsrichtung und Verlauf der Thäler gibt sich nur eine ganz sekundäre Beziehung zu erkennen, und reichlichst werden Fälle angeführt, wo Thäler in schräger Richtung Mulden und Sättel durchsetzen. Die Meinung, dass der jetzige Lauf der Thäler der Alpen in Beziehung zur Hebung des Gebirges steht, ist vollständigst widerlegt. Auf der andern Seite hat RÜTIMEYER[3]) schon lange vor HEIM die Spuren erodirender Thätigkeit an den Gehängen selbst der grössten, ausgedehntesten

[1]) On the Erosion of Valleys and Lakes, a Reply to Sir RODERICK MURCHISON's Address to the Geographical Society. Philos. Magaz. IV. S. XXVIII. 1864. p. 293.

[2]) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. 1878.

[3]) Ueber See- und Thalbildung. Basel 1869.

Digitized by Google

Alpenthäler erkannt. Er wies in den Terrassen an den Gehängen mancher Thäler die Spuren eines allmählichen Einschneidens der Thäler nach, und HEIM hat die Zahl dieser Beispiele reichlich vermehrt. Er hat ganze Systeme von alten Terrassen und Thalböden in dem von ihm trefflichst untersuchten Gebiete nachgewiesen. Kurz, der ausführliche Beweis ist geliefert, dass die Alpenthäler mit dem Gebirgsbau nichts zu thun haben, also nicht orographische Thäler, sondern Erosionsgebilde sind. Hält man nun die Alpenseen für Gebilde derselben Natur wie die Alpenthäler, so müssen begreiflicherweise die Ansichten über deren Natur auch einige Modifikationen erleiden. Wenn es keine orographischen Thäler in den Alpen gibt, kann es auch nicht orographische Seen geben.

Von seinen orographischen Seen unterschied DESOR die Erosionsseen, welche ausser Beziehung zum Gebirgsbau stehen, während die orographischen Seen dieselbe Abhängigkeit vom geologischen Bau der Gegend zeigen sollen wie die Thäler, in welchen sie liegen. Nun wurde eben gezeigt, dass alle grossen Alpenthäler ausser Beziehung zum Gebirgsbau stehen. Sie sind also nicht orographisch, und dasselbe gilt auch von den in ihnen auftretenden Seen. Sollen diese letzteren nur Dependenzen der Thäler sein, wie DESOR annimmt, so müssten sie folgerichtig als Erosionsseen gelten. Es fragt sich nur, durch welches Mittel sie erodirt sind. Durch Wasser jedenfalls nicht, Wasser erzeugt nirgends durch seine wühlende Kraft ausgedehnte Becken. Zwar nimmt DESOR[1]) an, dass bei Hebung der Alpen eine gewaltige Wasserfluth in Bewegung gesetzt wurde, welche die Erosionsseen auswusch. Allein es ist schon durch STUDER und DE MORTILLET[2]) auf die gänzliche Unhaltbarkeit und Unmöglichkeit dieser Ansicht hingewiesen. Erstens fehlen alle Andeutungen der Wasserfluth, zweitens widerspricht es, wie gesagt, den Gesetzen der Hydrostatik, dass Wasser Becken auswühlt, es nivellirt nur. DE MORTILLET[3])

[1]) Sur l'origine des lacs Suisses. Arch. bibl. univers. de Genève. 1863. XIX. p. 89.

[2]) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti soc. ital. di scienze nat. V. 1863. p. 248.

[3]) Sur l'affouillement des anciens glaciers. Atti soc. ital. di scienze nat. V. 1863. p. 248.

Digitized by Google

liess nun an Stelle des Wassers das Eis treten, er glaubte, dass die Erosionsseen durch Glacialwirkungen ausgehöhlt seien, wohingegen er die orographischen Seen DESOR's als präglaciale Becken erachtete und durch das Eis nur wieder ausfurchen liess. Wenn es nun thatsächlich keine orographischen Seen gibt, und das Eis im Stande sein soll, Erosionsbecken zu erzeugen, könnten nicht vielleicht die bisher als orographische Seen bezeichneten Becken auch Werke der Gletschererosion sein? Wenn DE MORTILLET den 300 m tiefen Bodensee durch das Eis ausschürfen lässt, warum soll der Genfersee nicht durch dasselbe Medium erzeugt worden sein, warum nicht auch der Thuner und Brienzer See, warum nicht endlich auch die oberitalienischen Seen, deren tiefster nur etwas über doppelt so tief als der Bodensee ist? Durch den Beweis, dass die Alpenthäler und die in ihnen liegenden Seen nicht orographisch im Sinne DESOR's sind, ist der Theorie von DE MORTILLET und GASTALDI in ihrer jetzigen Form der Boden entzogen, und sie kann nur in den Ansichten RAMSAY's aufgehen.

Allein wird auch zugegeben, dass die Alpenthäler Werke der Erosion sind, dass die Seen ferner keine Spalten sind, so hat man sich doch gegen die Annahme gesträubt, dass die letzteren durch das Eis ausgehöhlt worden seien. Es sind Theorien entstanden, welche die Seen als Thäler betrachten, die durch Faltung des Bodens abgedämmt worden sind. Zu ihrer Erklärung werden also ganz dieselben Kräfte zu Rathe gezogen, welche wir als gestaltend auf der Erdoberfläche kennen, nämlich Gebirgsbildung und Thalerosion.

LYELL [1]) ist wol der erste gewesen, welcher sich in diesem Sinne äusserte. Er führte aus, dass sich ein Thal in einen See umwandeln könne, indem sein unteres Ende gehoben wird, oder sein oberer Theil sinkt. Unter gewöhnlichen Umständen würde zwar das rinnende Wasser sofort den entstehenden Damm zersägen, allein erfüllt Eis solche Thäler, so bleibt durch dessen konservirende Wirkung die Barre erhalten, und beim Rückzug der Gletscher muss ein See entstehen. Besassen nun die Alpen während der Diluvialzeit eine bedeutendere Höhe als heute, so mussten

[1]) Antiquity of Man. London 1863. p. 311 ff.

Digitized by Google

sie sehr beträchtliche Gletscher erzeugen. Senkte sich währenddem die centrale Partie des Gebirges, so mussten sich alle grösseren Thäler in ihrem unteren Theile in Becken verwandeln, welche uns heute als Thalseen vorliegen. So glaubt Lyell die Bildung der Seen, vor allem aber ihre räumliche Beziehung zu früheren Gletschergebieten erklären zu können. Ramsay[1]) hat jedoch gezeigt, dass Lyell's Voraussetzungen zur Annahme einer früheren enormen Höhe der Alpen führen, für welche nicht der geringste Beweis vorliegt; zudem muss betont werden, dass die Verfolgung des Glacialphänomens durchaus keine Niveauveränderungen der Alpen während der Glacialzeit erkennen lässt, und damit wird die Lyell'sche Ansicht ihrer wichtigsten Voraussetzung beraubt.

Ball[2]) hat in ähnlicher Weise wie Lyell die Bildung mancher Becken aus Thälern durch Annahme von Bodenbewegungen erklärt. Falteten sich einmal die Alpen quer zu ihrer Längserstreckung, so mussten sich alle Längsthäler in Ketten von Seen verwandeln. Aehnlich ist auch die Ansicht von Bonney[3]) über die Entstehung der Salzburger Seen. Allein diese Annahmen sind zu wenig ausgearbeitet, um in eine specielle Diskussion gezogen werden zu können. Sie deuten nur einen Ideengang an, ohne auf besondere Fälle einzugehen. Dahingegen hat in neuerer Zeit Rütimeyer[4]) in präciserer Form eine auf ähnlichen Grundsätzen fundirte Hypothese über die Bildung der Alpenseen geäussert.

Dieser ausgezeichnete Geologe und Paläontologe, nachdem er den Beweis geliefert, dass die Alpenthäler Erosionswerke sind, ist geneigt, deren Ursprung weit in die Tertiärzeit hinein zu verlegen, und meint, dass sie bereits in jenes Molassemeer mündeten, welches sich einst zwischen Alpen und Jura ausdehnte. Er schildert dann die Bodenbewegungen, welche das Molassegebiet zur Tertiärzeit

[1]) Sir Charles Lyell and the Glacial Theory of Lake-Basins. Philos. Magaz. IV. S. XXX. 1865. p. 285.

[2]) On the Formation of Alpine Valleys and Alpine Lakes. Philos. Magaz. IV. XXV. 1863. p. 81.

[3]) Lakes of the north-eastern Alps and their bearing on glacier-erosion theory. Quart. Journ. geolog. Soc. XXIX. 1873. p. 382.

[4]) Thal- und Seebildung. 1869.

Digitized by Google

betrafen, wie dasselbe bald trocken gelegt, bald unter das Meer getaucht wurde. RÜTIMEYER nimmt nun an, dass diese Oscillationen nur das Molassegebiet betrafen und sich nicht auf die Alpen erstreckten. Indem sich nun dasselbe selbstständig hob, bildete es gleichsam einen Riegel vor den Alpenthälern, und diese mussten sich in Binnengewässer verwandeln. Ungleiche Bodenbewegungen in der Molasselandschaft erzeugten auf dieser endlich auch vereinzelte Becken. So weist RÜTIMEYER den grossen Alpenseen, welche er als Randseen gegenüber den kleinen Wasseransammlungen im Gebirge, den Bergseen, bezeichnet, eine bestimmte Rolle in der Geschichte des Gebirges an, er betrachtet sie gegenüber den „ephemeren" Bergseen als „permanente" Gebilde, und fasst sie, dem Beispiele von SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN folgend, als letzte Reste des Molassemeeres auf.

RÜTIMEYER lokalisirt also das Phänomen der Alpenseen und betrachtet es lediglich in Beziehung zu den Bodenbewegungen und der Thalbildung des Gebirges. Auf deren Auftreten in alten Gletschergebieten, gewiss einem der bezeichnendsten geographischen Züge in der Verbreitung der Alpenseen, greift er durchaus nicht zurück, und versucht diesen auffälligen Umstand überhaupt nicht zu erklären. So kann es uns auch durchaus nicht Wunder nehmen, dass RÜTIMEYER's Theorie der Seebildung für die der Schweiz so benachbarten Seen Südbayerns durchaus keine Anwendbarkeit besitzt.

Zwar würde der schon hervorgehobene Umstand, dass die am Saume des Gebirges auftretenden Seen von einem Molasserücken begrenzt werden, leicht zu Gunsten von RÜTIMEYER's Ansicht gedeutet werden können. Aber es wurde gezeigt, dass dieser Rücken die Seen zwar begrenzt, aber nicht abdämmt, dass dieselben theilweise in ein durch jenen Rücken begrenztes Längsthal fallen. Ferner ist der Ausnahme, welche unter den Randseen Oberbayerns das Rosenheimer Becken von der angeführten Regel macht, wol zu gedenken. Vor allem aber muss man auch jene Seen in Betracht ziehen, welche sich auf der Hochebene finden. Diese letzteren sind durchaus nicht beeinflusst von irgend welcher Schichtenbewegung, sie senken sich in vollkommen ungestört liegende Straten ein, und zwar selbst in diluviale. Ihre Bildung

Digitized by Google

wird weder durch die Annahme von Bodenbewegungen erklärt noch können sie in Beziehung zum Molassemeere gebracht werden.

Aber auch abgesehen davon, dass RÜTIMEYER's Theorie nicht das geographische Auftreten der Alpenseen in ihren Beziehungen zum Glacialphänomen erklärt, abgesehen davon, dass sie nicht einmal auf die Seen Oberbayerns anwendbar ist, scheinen sich ihr noch viele Schwierigkeiten entgegenzustellen, und zwar Schwierigkeiten theils in ihrer Anwendbarkeit auf die schweizer Seen, theils und zwar vor allem solche, welche aus ihr selbst erwachsen.

An und für sich ist der Fall, dass ein Thal durch Bewegungen der Erdkruste in einen See verwandelt wird, vollkommen möglich, so lange nämlich nicht der entstehenden Barre das rinnende Wasser entgegenwirkt, denn das Auftreten von Querthälern in Kettengebirgen, sowie der Umstand, dass Flüsse manche Gebirge durchbrechen, welche sie leicht umgehen könnten, lehren, dass die Bodenbewegungen im Allgemeinen so langsam wirken, dass ihnen durch die Thalbildung des rinnenden Wassers entgegengearbeitet werden kann. Eine Thalabriegelung ist nur da denkbar, wo die Wirkungen des fliessenden Wassers ausgeschlossen bezüglich minimale sind, so in trockenen Klimaten, so unter stehendem Wasser, so vielleicht unter Eisbedeckung. Dieses Verhältniss hat RÜTIMEYER bei seinem Versuche, die Alpenseen als abgedämmte Thäler zu erklären, entschieden nicht genug gewürdigt, während es von LYELL in seiner vollen Bedeutung aufgefasst wurde, indem er annahm, dass die Bodenbewegung, welche zur Seebildung führte, unter Eisbedeckung stattgefunden habe.

Allein RÜTIMEYER[1]) wollte, um mich seiner eigenen Worte zu bedienen, „eher einen Gesichtspunkt als eine faktische Erklärung" aufstellen, und so werden wir vor allem die Begründung seines Gesichtspunktes zu prüfen haben. Dieselbe gipfelt darin, dass erstens die Alpenthäler bereits zur Molassezeit existirten, und dass zweitens das Molassegebiet in anderer Weise Bodenbewegungen erfuhr als die Alpen. Was die erste Voraussetzung betrifft, so stimme ich ihr gern bei, obwol sie von RÜTIMEYER nicht besonders

[1]) A. a. O. p. 76.

Digitized by Google

begründet wird. Es erscheint mir wol denkbar, dass die Alpenthäler uralt sind. Nicht nur sehen wir auf dem Südabhang des Gebirges das Pliocän sich in die Thäler ziehen, sondern auf der Nordseite beschränken sich oligocäne Schichten auf die Thäler, namentlich auf das des Inn, und selbst die kretaceischen Gosaubildungen zeigen eine Abhängigkeit vom Laufe der Stammthäler. Dagegen ist die andere Voraussetzung, dass das Molassegebiet in anderer Weise Niveauveränderungen erfuhr als die Alpen, eine Annahme, deren Beweis RÜTIMEYER an keiner Stelle gibt, und welche überhaupt schwer zu beweisen ist. Sein Gesichtspunkt beruht also auf einer unbewiesenen Vermuthung. Aber es sei angenommen, diese Vermuthung sei bewiesen worden; angenommen ferner, dass uns RÜTIMEYER eine befriedigende Erklärung über das Zustandekommen der Thalabdämmung gegeben; angenommen also, die Seen seien in der von ihm vermutheten Weise entstanden, so erwächst eine neue Schwierigkeit.

Sobald die Seen fertig gebildet, begann auch das rinnende Wasser sie auszufüllen. Wie rasch dies geschieht, lehren die Alpenseen selbst. Sind doch die grössten Seen Oberbayerns seit der Glacialzeit schon erloschen, sind doch die grossen schweizer Seen bereits arg reducirt worden. Um ein Viertel ihrer Länge sind der Bodensee und Genfersee zugefüllt worden, und es ist wol nicht zu bezweifeln, dass die Trennung des Thuner- und Brienzersees, die des Züricher- und Walensees erst in postglacialen Zeiten geschah. Sind nun die grossen schweizer Seen gleichsam Ueberreste des Molassemeeres, so ist zu erklären, wodurch sie während der langen Zeit nach Rückzug dieses Meeres und vor Eintritt der Vergletscherung vor Ausfüllung bewahrt wurden. Welche Kraft schützte sie aber vor den Geröllmassen, welche die Alpenflüsse mit sich führten, während der ganzen Pliocänzeit; wie wurden sie durch Ausfüllung mit glacialen Schottern bewahrt?

Hier begegnet man übrigens einem Widerspruch bei RÜTIMEYER.[1]) Zur Zeit der Ueberfluthungen der Molasselandschaft

---

[1]) Auch sonst widerspricht sich RÜTIMEYER in der angeführten, nicht überall leicht verständlichen Schrift. So schildert er auf Seite 13 die Molassethäler als Typen von Erosionsschluchten, auf Seite 70 hin-

Digitized by Google

sollen die Seen Meeresarme gewesen sein, und in den Zwischenzeiten sollen sie sich als Seen haben erhalten können — dennoch aber soll die Geschiebeausfuhr aus den Alpen niemals unterbrochen gewesen sein und im Allgemeinen denselben Rinnen gefolgt haben. Diese Rinnen aber bergen die Seen. Die Annahme von permanenten Seen in den Alpenthälern steht im Widerspruche mit dem von RÜTIMEYER selbst hervorgehobenen Auftreten alpiner Gerölle in manchen Stufen der schweizer Molasse.

Würde uns RÜTIMEYER's Theorie also vielleicht die Entstehung der Alpenseen erklären, so lehrt sie uns doch nicht, warum dieselben fortbestehen konnten, und zu diesen rein theoretischen Schwierigkeiten, welche sie enthält, erwachsen ihr nun noch praktische aus dem Auftreten der Seen selbst.

Brachten Bodenbewegungen und Dislokationen am Ausgange eines Thales eine Seestauung hervor, wie RÜTIMEYER annimmt, so müssen auch solche Dislokationen nachweisbar sein. Nun ist zwar nicht zu verkennen, dass unterhalb vieler Seen stark dislocirte Schichten auftreten, andererseits senken aber andere Seen sich in vollkommen horizontal lagernde Straten. Es seien hier jene Seen erwähnt, welche DESOR als Erosionsseen beschreibt, und die in horizontalen Molasseschichten auftreten, wie die Neuenburger Seengruppe und mehrere der kleineren Seen, wie der Hallwyler-, Sempacher-See und andere, vor allem der Züricher- und Bodensee.

Sind die Seen, wie RÜTIMEYER mit DESOR annimmt, uralte Becken, welche präglacial sein sollen, so müssen sich auch Spuren ihres hohen Alters finden. Bislang hat man aber nur von einem See, dem Thunersee, bewiesen, dass er, wenigstens in Bezug auf die letzte Vergletscherung, präglacial ist, und von zwei andern nunmehr schon erloschenen Seen Südbayerns konnten wir Aehnliches erweisen. Dem gegenüber stehen nun zahlreiche Beweise für das jugendliche Alter der Alpenseen, und gerade auf diesen Punkt legt RÜTIMEYER viel zu geringes Gewicht. Es sind nicht nur DE MORTILLET

---

gegen beschreibt er sie „als Furchen, die sich stärkere Strömungen in der tiefen, schlammführenden Wasserfläche offen hielten", hält sie also für primäre Gebilde.

Digitized by Google

und GASTALDI gewesen, welche aus dem Auftreten diluvialer Nagelfluh, oder, wie sich RÜTIMEYER ausdrückt, „der nicht unangefochtenen und allem Anschein durchaus nicht allgemeinen Anwesenheit alpiner Gerölle“ am Ausgange von Alpenthälern unterhalb der Seen auf ein junges Alter derselben geschlossen haben, sondern auch STUDER [1]) ist dieser Ansicht, er hält die Seen sogar für theilweise postglaciale Senkungen, und zu dem gleichen Resultate kam aus denselben Gründen SCHILL [2]) betreffs des Bodensees, den er als postglaciales Einsturzbecken deutet. Das Auftreten alpiner Gerölle unterhalb der Seebecken unter den Moränen ist aber eine allgemein nachgewiesene Thatsache, über die nur schlecht begründete Zweifel geäussert worden sind, und wie oben ausgeführt, lehrt die Verbreitung der Glacialschotter, dass die Seen erst nach ihrer Ablagerung entstanden sind. Ganz verschliesst sich freilich RÜTIMEYER der Vorstellung nicht, dass noch während der Diluvialzeit Veränderungen in der Konfiguration des Landes vor sich gegangen sind. Er glaubt, dass auch während dieser Periode Bodenbewegungen stattgefunden haben. Er sagt, „dass die Frage, ob die heutige obere Grenze erratischer Blöcke und die heutige Lage mancher sogenannter Moränen die ursprüngliche und nicht schon eine verschobene sei, nicht im mindesten gelöst scheine, und dass manche Verhältnisse eine Lösung eher im letzteren Sinne erwarten lassen“. Näheres aber berichtet RÜTIMEYER nicht über jene Verhältnisse, obwol dieselben im Widerspruche mit Thatsachen stehen, welche durch eine Reihe ausgezeichneter Geologen während langer Jahre immer wiederholt konstatirt wurden. [3])

[1]) Sur l'origine des lacs Suisses. Archives biblioth. univers. 1863. XIX. p. 89.

[2]) Geologische Beschreibung der Umgebung von Ueberlingen. Beiträge zur statist. Verwalt. d. Grossherzogth. Baden. Heft 8. 1859.

[3]) RÜTIMEYER sucht die grossen Schottermassen zwischen Schaffhausen und Basel in Beziehung zu Bodenbewegungen zu bringen. Das mir über diese Ablagerungen bekannt Gewordene lässt mich muthmaassen, dass dieselben Anhäufungen unterer Glacialschotter sind, Aequivalente der Schotter im Innthale. Ich gebe dieser Anschauung in Tabelle II Ausdruck.

Digitized by Google

So grosse Belehrung ich auch aus der Schrift Rütimeyer's über Thal- und Seebildung geschöpft habe, so sehr anregend sie auch auf mich durch die Fülle ihres Inhaltes wirkte, so wenig kann ich der in ihr geäusserten Theorie der Seebildung huldigen. Dieselbe erscheint mir von vornherein auf unbewiesene Vermuthungen begründet, und manche Schwierigkeit ergibt sich bei einer eingehenden Betrachtung schon aus ihr selbst heraus. Es däucht mir zudem, als ob sie ohne weiteres nicht auf die schweizer Seen anwendbar wäre, und bei alle dem haftet ihr der Mangel an, dass sie die interessanten und wirklich bestehenden Beziehungen zwischen Ausbreitung der quartären Gletscher und Verbreitung der Seen durchaus nicht erklärt. Rütimeyer berücksichtigt nicht die hervorragenden geographischen Eigenthümlichkeiten in der Verbreitung und Lage der Seen, und die deutlichen Fingerzeige, welche sich hieraus für deren Geschichte ergeben, entgehen ihm daher gänzlich. Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich seinen Versuch einer Seebildungstheorie, dem besonders Heim beigetreten ist, als gänzlich unhaltbar bezeichne.

Seen und Thäler erscheinen in den Alpen eng aneinander gebunden, und von alters her hat man sie auf dieselben Processe zurückgeführt. In den Thälern erkannten wir nun Erosionsgebilde; alle Versuche, die Seen als modificirte, abgedämmte Thäler zu deuten, konnten uns nicht befriedigen, und es bleibt uns nur der Ausweg, auch sie als Werke einer Erosion aufzufassen. Nun lernten wir ein Material kennen, welches die Alpenthäler zu einer gewissen Zeit erfüllte, und wir erkannten die Eigenthümlichkeiten von dessen Wirkungen. Wir fanden dieselben darin bestehend, dass jenes Material im Stande ist, Becken zu erodiren. Wir rufen uns ins Gedächtniss zurück, dass die Seen sich innerhalb der alten Gletschergrenzen halten, dass sie genau während der Entfaltung des Eises gebildet wurden, dass sie an den Stellen liegen, wo sich die erodirende Kraft der Gletscher am beträchtlichsten entfaltete. Wie ist nach alledem zu zweifeln, dass die Seen ein Werk der Gletscherausbreitung, dass sie die orographischen Zeugen der Eiszeit sind?

Dreimal mindestens dehnten sich während der Quartärperiode gewaltige Eisströme in den Thälern der Alpen aus. Dreimal

Digitized by Google

konnten sie erodiren und denudiren, und beckenförmige Vertiefungen ausschleifen. Es ist uns demzufolge sehr wahrscheinlich, dass die Seen und Becken nicht einer einzigen Glacialperiode entstammen, sondern dass alle Vergletscherungen an ihrer Bildung gearbeitet haben, wenngleich dieser Vertiefungsprocess unterbrochen ward durch Interglacialzeiten, und wenn auch die Schotterablagerungen, welche einer Vergletscherung vorausgingen, zweifellos die Becken der vorausgegangenen Vereisung vollkommen einebneten und ausfüllten. So begegnen wir in Südbayern neben dem Beweise grosser Jugendlichkeit der Seen auch Züge hohen Alters, und wenn J. Bachmann[1]) den Thuner See als einen präglacialen bezeichnete, weil an der Mündung der Kander in den Thuner See unter den Moränen der letzten Vergletscherung ein Schotter lagert, welcher in seiner Anordnung durchaus an ein Delta erinnert, das in einen vor der letzten Vergletscherung bereits existirenden See hineingebaut wurde, so ist uns dies nur ein neuer Beweis für die Richtigkeit unserer Anschauungen.

Die Alpenthäler erscheinen uns in ihrer heutigen Gestaltung lediglich als ein Werk der Erosion, wenn wir auch weit davon entfernt sind, ebenso wie Heim, den Einfluss zu unterschätzen, welchen eine ehemalige, jetzt freilich ganz verwischte, durch die Gebirgsfaltung bedingte Bodenkonfiguration auf ihren Verlauf ausgeübt hat. Wasser und Eis haben diese Thäler ausgehöhlt. Wenn wir nun vergleichen wollen zwischen dem, was durch das Wasser, und dem, was durch das Eis erodirt worden ist, so müssen wir dem Wasser die Bildung der Thäler zuschreiben, dem Eise hingegen nur eine im Allgemeinen unbeträchtliche Ausweitung derselben sowie lokale beckenförmige Einsenkungen. Das Werk des Wassers erscheint als das weit bedeutendere. Es ist leicht ersichtlich, warum dies so sein muss. Seitdem die Alpen als Gebirge aufragen, hat das Wasser unablässig an ihrer Abtragung durch Erosion und Denudation gearbeitet. Es wirkte jedenfalls schon während der Faltung des Gebirges. Erst nachdem die Thäler bereits ihre heutigen Züge gewonnen hatten, entfalteten sich mehrmals gewaltige Eismassen, um in eigner Art an der Weiterbildung

[1]) Bachmann: Die Kander im Berner Oberland. Bern 1870. p. 58.

Digitized by Google

der Thäler zu arbeiten. Dies waren aber nur kurze, schnell vorübergehende Phasen in der Geschichte der Thäler, gering daher auch ihre Werke. Unablässig wird an deren Zerstörung gearbeitet; bald werden die Seen ausgefüllt oder trocken gelegt sein. Sie sind nur vorübergehende Erscheinungen in der Thalbildung, vorübergehend wie die Ursachen, denen sie ihren Ursprung verdanken.

Es ist ein schöner Prüfstein für die Richtigkeit einer Theorie, wenn sie auf dem Boden lokaler Untersuchungen entsprungen, sich als anwendbar erweist auf allgemeine Verhältnisse. Das merkwürdige Zusammenfallen der Seenregionen mit den Driftdistrikten, d. h. jenen Ländern, wo sich Spuren der Glacialwirkung finden, liess Ramsay einen genetischen Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen muthmaassen. In den Alpen suchte er einen solchen zu beweisen; allein, wie ausgeführt, seine Anschauungen weckten nur Widerspruch und eine Anzahl neuer Theorien über die Bildung der Alpenseen. Wir suchten nun nachzuweisen, dass die letzteren Theorien nicht befriedigen können, und wir fanden, dass die Entstehung der meisten Alpenseen sich räumlich und zeitlich an die Ausdehnung der Gletscher knüpft, dass ihre Lage von der Richtung und Intensität der Gletscherbewegung einerseits, von der Oberflächengestaltung und Beschaffenheit des Gletschergrundes andererseits abhängig ist. Mit diesen Ergebnissen wenden wir uns nach dem Norden Europas und versuchen zu erkennen, ob die dort entwickelten Seen in ähnlichen Beziehungen zur Vergletscherung stehen wie die meisten alpinen.

Das Alter jener Mengen von Seen, welche die skandinavische Halbinsel bedecken, lässt sich zur Zeit noch nicht mit der Genauigkeit erweisen wie das der alpinen. Sie stellen Einsenkungen in uralten Gesteinen dar, und sind von Moränenablagerungen umgeben. Jene ausgedehnten Glacialschotter, welche in den Alpen an das Glacialphänomen geknüpft sind, fehlen in Skandinavien, oder sind, wo sie auftreten, wie z. B. in der Umgebung von Christiania, noch nicht mit genügender Genauigkeit studirt. So verbietet sich, hier die interessante zeitliche Beziehung zwischen Seebildung und Gletscherausdehnung zu verfolgen. Vielleicht aber gewähren die zahlreichen Seen, welche den preussisch-pommerischen

Digitized by Google

Landrücken auszeichnen, in dieser Hinsicht einmal reiche Ausbeute, wenn sich ihnen der Eifer und die Gründlichkeit norddeutscher Geologen zuwenden sollte. Unzweifelhaft sind aber die nordischen Seen nicht nur in ihrer Verbreitung an die Ausdehnung der Vergletscherung gebunden, sondern auch ihre Lage bekundet eine auffällige Abhängigkeit von derselben.

In den skandinavischen Hochlanden richtete sich die Entfaltung des Glacialphänomens ganz in derselben Weise nach dem Relief des Landes wie in den Alpen. Es folgte den Thälern. Die Gletscher erzeugten hier wie in den Alpen Thalseen, welche theils supramarin als Binnengewässer erscheinen, theils submarin als Fjorde. Nirgends ist die oben dargelegte Unregelmässigkeit der alten Gletscherbetten intensiver entwickelt als in den Thälern Norwegens, wo sich See an See wie Glied an Glied einer Kette reiht. Ueber die ebeneren Theile der skandinavischen Halbinsel strahlte das Inlandeis radiär aus, nahe aneinander gelegene Punkte desselben bewegten sich nahezu parallel. Ganz im Einklange hiermit sehen wir die Seen mancher Theile Schwedens, vor allem aber die ineinandergreifenden Becken Finnlands, von einem entschiedenen Parallelismus beherrscht, und es ist nicht zu verkennen, dass die Richtung der langgedehnten Seen zusammenfällt mit der der Eisbewegung. Der von RATZEL[1]) jüngst hervorgehobene Parallelismus in der See- und Fjordbildung führt sich also auf ganz bestimmte Ursachen zurück. Er wird zum orographischen Ausdrucke der Gletschererosion auf flachem Lande, wie die Thalseen deren Spuren im Gebirge sind.

Im mittleren Schweden freilich setzt der Parallelismus der Seenbildung aus, und hier finden sich die breiten und grossen Becken des Mälar, Hjelmar, Wettern und Wenern. Dieselben stehen anscheinend ausser Beziehung zum Glacialphänomen. Aber HELLAND[2]) hat uns eines Besseren belehrt. Er berichtet, dass

[1]) Ueber Fjordbildungen an Binnenseen nebst allgemeinen Bemerkungen über die Begriffe Fjord und Fjordstrasse und die nordamerikanischen Küstenfjorde. PETERMANN's Mittheilungen. XXVI. 1880. p. 387.

[2]) Ueber die glacialen Bildungen der nordeuropäischen Ebene. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Gesellsch. XXXI. 1879. p. 63.

Digitized by Google

in der Nähe jener Seen überall Reste silurischer Straten auftreten, und deutet uns die Seen als ehemalige Silurbecken, deren weiches Material aus der gneissigen Umgebung erodirt worden ist. Mein Freund G. J. HINDE erzählte mir Aehnliches von zahlreichen kleineren Seen Kanadas, deren Auftreten Sir WILLIAM LOGAN zur Annahme von RAMSAY's Ansichten veranlasste. Es erhellt hieraus, dass die Glacialbecken des Nordens ebenso von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig sind wie die der Alpen, und der Umstand, dass uns durch J. GEIKIE die Entstehung der Deflectionsbecken zuerst an nordischen Beispielen erläutert wurde, ist wol der beste Beweis dafür, dass diese Werke der Glacialerosion im Norden reichlich entwickelt sind.

Dieselben Gesetze, welche die Lage der Alpenseen beherrschen, geben sich auch durch die Gesteinsbecken des Nordens zu erkennen, wenn auch die Fülle der Erscheinungen dort einigermaassen verwirrend wirkt, und sich nicht von einer gemeinsamen Schablone beherrscht erweist. Man bedenke jedoch immer, dass nur in seltenen Fällen eine einzige Ursache die Bildung eines Sees oder Beckens bedingt hat, und dass oft die wahre Ursache verschleiert sein kann. Ein nunmehr gänzlich verwischtes Thalsystem, gänzlich entfernte weiche Straten, weggeräumte Hindernisse können Veranlassung zur Bildung dieses oder jenen Sees gegeben haben, sodass sich nun schwer sagen lässt, warum derselbe gerade an der betreffenden Stelle existirt. Von solchen Fällen darf man jedoch nicht ausgehen und sagen, weil sie das Auftreten des Sees nicht erklären kann, deshalb ist die Theorie der glacialen Bildung unhaltbar. Dieser Einwurf kann einer jeden Theorie gemacht werden; denn nur in den seltensten Fällen ist es der Geologie möglich, irgend welches Phänomen bis auf seine letzten Ursachen zu verfolgen, und wie man bei allgemeinen Erklärungen lokale Erscheinungen oft unberücksichtigt lassen muss, so ist es auch mit der Theorie der glacialen Bildung mancher Seen. Theorien haben vor allem Phänomene in ihrer Gesammtheit zu erklären.

Eine unbestreitbare Thatsache ist die, dass die Küsten jener Länder, welche sich durch ihren Reichthum an Binnenseen auszeichnen, von zahlreichen tiefen Einschnitten durchsetzt sind, welche man als Fjorde bezeichnet. Daraufhin hat man sich auch

Digitized by Google

stets gewöhnt, so lange man den geschaarten Binnenseen und Fjorden Aufmerksamkeit geschenkt hat, dieselben als Gebilde ein und derselben Art zu betrachten, welche nur in ihrer Erscheinungsweise differiren, indem die einen auf festem Lande auftreten, während die anderen theilweise unter das Meer gesenkt sind. Des öfteren hat man Binnenseen als alte, nunmehr vom Meere abgetrennte Fjorde aufgefasst, was namentlich von den oberitalienischen gilt. Richtiger scheint uns aber zu sein, weder die Binnenseen als abgeschnürte Fjorde, noch die Fjorde als untergetauchte Binnenseen zu bezeichnen, sondern beide ganz allgemein als in Bezug zur Wasserhülle der Erde verschieden gelegene Aushöhlungen in deren Kruste. Es ergibt sich hieraus eine wissenschaftliche Erklärung des Begriffes Fjord. Fjorde sind submarine Gesteinsbecken, wie die Binnenseen supramarine.

Die Eigenschaften der Fjorde stimmen trefflich zu dieser Annahme. Lothungen ergaben überall, dass die Fjorde tiefe Becken sind, welche gegen die offene See zu abgedämmt sind. Die Tiefenverhältnisse unterscheiden die Fjorde von anderen Küsteneinschnitten, welche mit denselben verwechselt werden könnten, wie z. B. die reichlichen Busen an der Ostküste des adriatischen Meeres und die Einbuchtungen Griechenlands und Kleinasiens. Wenn heute nun fast allgemein die Binnenseen, also die Gesteinsbecken auf festem Lande, als ein Werk der Gletscher gelten, sei es von deren konservirender, sei es von deren erodirender Thätigkeit, so hat man die Fjorde gleichfalls als Glacialgebilde anzusehen, und zwar kann man sie als die littoralen Erscheinungen der Gletscherwirkung bezeichnen.

Die Gesetze über die Lage und Entstehung der Alpenseen, welche, wie eben zu zeigen versucht, auf die Binnenseen im Allgemeinen anwendbar sind, müssen unter solchen Umständen auch die Fjorde beherrschen. Nun fand sich, dass da, wo die Bodenkonfiguration den Gletschern die Wege wies, die Lage der Seen von dem präglacialen Relief des Landes abhängig ist, während da, wo die Gletscherbewegung unabhängig von der Landesoberfläche erfolgte, die Seen einen entschiedenen Parallelismus aufweisen. Im ersteren Falle liegen die Seen in präglacialen Thälern, im letzteren dagegen erstrecken sie sich auf ebenem

Digitized by Google

Lande und drücken demselben die entscheidenden orographischen Züge auf.

Ganz ebenso verhält es sich mit den Fjorden. In gebirgige Küsten drängen sie sich als thalähnlich verzweigte Buchten, wie z. B. an der Westküste Norwegens, während sie an flacheren Küsten, wie Ratzel besonders von denen Nordamerikas ausführte, einer neben dem andern, alle parallel in das Land eingreifen. An den flacheren Theilen von Norwegens Küsten lässt sich gleichfalls ein solcher Parallelismus der Küstenlinien wahrnehmen. Nun erkannten wir, dass in gebirgigem Terrain die Wirksamkeit der Gletscher sich auf die Verbreiterung und Vertiefung der Thäler beschränkte, somit haben wir auch die Fjorde in gebirgigen Ländern als durch Gletscher ausgeweitete und vertiefte Thäler anzusehen, und nur da, wo der Parallelismus der Küstenlinien uns verräth, dass die Bewegung des Eises unabhängig von dem Relief des Landes erfolgte, können die Fjorde als die ausschliesslichen Werke der Gletscher angesehen werden.

Die Fjorde gelten uns also in ihrer Allgemeinheit nicht ausschliesslich als die Produkte glacialer Wirkungen. Nur theilweise sind sie es, und an der Ausbildung der vielfach verzweigten Fjorde gebirgiger Küsten haben Wasser und Eis vereint gearbeitet; das rinnende Wasser schuf vor der Vergletscherung die Thäler, das Eis erodirte in diesen Thälern Becken, welche uns heute als die Fjordtiefen entgegentreten.

Indem wir submarine Becken Fjorde nennen und diese dann als die littoralen Erscheinungen der Glacialerosionsgebiete erklären, leisten dieselben uns wesentliche Dienste, um die Geographie des Glacialphänomens zu verfolgen. Sie gestatten uns, auf die frühere Entfaltung von Gletschern in Gebieten zu schliessen, welche noch einer geologischen Durchforschung harren, wie z. B. die Südspitze Südamerikas, das Tschuktschenland. Weiter aber gewähren die fjorddurchsägten Küsten ein Mittel, die Intensität der früheren Gletscherentwickelung zu beurtheilen. Heute knüpft sich die Verbreitung der Gletscher an bestimmte klimatische Zonen. Die klimatischen Verhältnisse eines jeden Ortes werden aber bedingt durch dessen geographischer Breite und Höhe über dem Meeresspiegel; dieser letztere Faktor wird bekanntlich dann eliminirt,

Digitized by Google

wenn der Ort am Meere liegt. Das Einmünden zahlreicher Gletscher in das Meer wird daher im wesentlichen an gleiche klimatische Verhältnisse gebunden sein. Die Fjordküsten nun lehren uns die Stellen kennen, an welchen frühere Gletscher in das Meer mündeten, und ihr Auftreten an jetzt gletscherfreien Ländern in ganz bestimmten klimatischen Zonen, was Reclus kennen lehrte, beweist eine allgemeine Verschiebung dieser letzteren seit der Glacialzeit.

Die frühere Gletscherentfaltung hat ihre Spuren nicht nur in der Anhäufung von Gesteinsmaterial, in der Ablagerung von Moränen geäussert, sondern auch, und ohne dies wäre jene Anhäufung undenkbar, in Werken der Erosion. Es sind die Gletscher auf der Erdoberfläche gestaltend thätig gewesen, und in der Bodengestaltung grosser Strecken Landes erkennt man deutlich den Einfluss der Gletscher. So ist es in den deutschen Alpen und in derem Vorlande. Die Alpen sind erodirt worden, die Thäler sind vertieft; die Hochebene ist überdeckt worden mit Gletscherschutt. Die grossen Seen am Alpensaume und auf dem Alpenvorlande treten als die charakteristischen Werke der Glacialerosion entgegen, die Moränenlandschaft hingegen ist das eigenartige Produkt der anhäufenden Thätigkeit des Eises. Mit ebensolcher Sicherheit, wie in einer einzelnen Ablagerung gekritzte Geschiebe und darunter lagernde Felsschliffe auf Gletscherwirksamkeit schliessen lassen, ermöglichen auch orographische Erscheinungen auf das frühere Vorhandensein von Gletschern zu folgern. Dicht geschaarte Seen, sowie die unregelmässige Oberflächenbeschaffenheit einer Moränenlandschaft sind die eminent auffälligen geographischen, Gletscherschliffe und Grundmoränen mit gekritzten Geschieben die hervorragendsten geologischen Spuren von Gletscherwirkung.

Wenn nun die Gletscherentfaltung in charakteristischer Weise bodengestaltend wirkt, so dürfte auch umgekehrt die Oberflächenbeschaffenheit mancher Länder einen Rückschluss auf frühere in ihnen entfaltet gewesene Gletscher gestatten. Länder mit dicht geschaarten Seen, mit Fjordküsten erscheinen als alte Gletschergebiete, und schon an der Hand guter Karten, welche das Relief eines Landes mit hinreichender Genauigkeit wiedergeben, wird es

Digitized by Google

möglich auf eines der interessantesten Ereignisse zu schliessen, welches die Erde in ihrer jüngsten Vergangenheit betroffen hat. Orographische Untersuchungen führen hier zu geologischen und meteorologischen Folgerungen, und wenn RECLUS[1]) zeigte, dass das Fjordphänomen an ganz bestimmte klimatische Zonen gebunden ist, so lieferte er damit einen wichtigen Fingerzeig zur Erkenntniss der Ursachen der Eiszeit.

[1]) Revue des deux mondes 1867. La Terre 1869.

Digitized by Google

Kapitel XXIX.

Ursachen der Eiszeit.

Allgemeinheit des Glacialphänomens. Allgemeine Eiszeit. Verwerfung von Lokaltheorien. Abnahme der Vergletscherung von West nach Ost in Europa, von Ost nach West in Nordamerika. Parallelismus zwischen eiszeitlicher und heutiger Gletscherentfaltung. Frühere Gletscherentfaltung eine Steigerung der heutigen. Mehrmalige Vergletscherungen. Verwerfung der Theorien über allgemeine Kälteperioden. Verwerfung der Theorien über Schwankungen in der Lage und Stellung der Erdaxe. Verwerfung der geographischen Wärmetheorie. Einfluss der Meeresströmungen auf die Temperaturvertheilung. Möglichkeit von Veränderungen in der Wärmecirculation. Verschiebbarkeit der Calmenregion und daraus resultirenden Verschiebbarkeit der Wärmecirculation. Alternirende kältere und wärmere Klimate. CROLL's Theorie. PILAR über Verschiebbarkeit der Calmenzone. Glacial- und Interglacialzeiten. WALLACE's Theorie. Kältere und wärmere Perioden bei grosser Excentricität der Erdbahn. Gletscherspuren in älteren Formationen. Vorsicht bei deren Beurtheilung. Schwierigkeit eine Eiszeit in den Resten früherer Floren und Faunen zu erkennen. Repräsentant einer Eiszeit in der marinen Schichtenfolge. Schichtweiser Faunenwechsel. Migrationen. Schluss.

Selten nur vermag sich die Geologie dem letzten und höchsten Ziele wissenschaftlicher Forschung, den Ursprung der sie beschäftigenden Erscheinungen zu ermitteln, nähern. Nicht nur ist die Fülle der Thatsachen, welche ihr als neu gegenüberstehen, fast unerschöpflich, sodass sie in deren Beschreibung schon reichliche Arbeit findet, sondern vor allem sind ihre Mittel und Wege, Erklärungen zu geben, beschränkt und führen selten zu einem guten Ergebnisse. Mehr als andere Wissenschaften hat die Geologie mit Hypothesen zu rechnen, und darin liegt zweifellos eine grosse Gefahr, zumal da es auch in nicht fachmännischen Kreisen beliebt ist, manchen schwierigen Problemen sich zuzuwenden und deren Lösung mehr zu errathen als herbeizuführen. Gerade die Eis-

Digitized by Google

zeit ist ein Spielball der Spekulation geworden, und seit de Luc's Zeiten sind selten Jahre vergangen, ohne neue Hypothesen über die Ursache der Eiszeiten zu fördern. Gegenüber einer solchen Menge von Erklärungsversuchen mag es vermessen erscheinen, wenn wir die vorstehenden empirisch gewonnenen Thatsachen mit einem Kapitel über die Ursachen der Eiszeit beschliessen wollen. Allein es drängt uns wenig, auch unsererseits eine Hypothese über die Eiszeit zu äussern, uns liegt vielmehr daran, das reichliche Material, welche sich im Laufe der Zeiten angesammelt hat, übersichtlich zusammenzustellen, um auf Grund dieser Thatsachen mehr negativ als positiv mit den bisher geäusserten Hypothesen zu verfahren, und diejenige, welche uns als die wahrscheinlichste vorkommt, in ihren Voraussetzungen und Konsequenzen zu prüfen.

Die grossartige Vergletscherung der Alpen steht bekanntlich nicht vereinzelt da. Frühe schon fand man in Nachbargebieten Spuren von Gletschern. So bekanntlich in den Vogesen, in den centralfranzösischen Gebirgen; Glacialphänomene wurden im Schwarzwalde entdeckt, und auf den höchsten Partien des Böhmerwaldes kommen in Gestalt kleiner Seen bezeichnende Werke glacialer Thätigkeit vor. Im Verlaufe vorstehender Untersuchungen haben wir mehrfach auf die ungemeine Aehnlichkeit der Diluvialgebilde Nordeuropas mit den glacialen Formationen der Alpen hingewiesen, und sollte Jemand noch nicht durch den Geschiebelehm Norddeutschlands mit seinen gekritzten Geschieben, mit seiner geschrammten Unterlage zur Annahme veranlasst werden, dass einst ganz Nordeuropa vergletschert war, so wird er zu derselben durch den Vergleich der norddeutschen mit den alpinen Quartärbildungen gelangen. Nordamerika besitzt bekanntlich dieselben Glacialablagerungen wie Alpen und Nordeuropa. Es trägt die Werke einer allgemeinen Vereisung im Norden, und Spuren lokaler Gletscherentwickelung finden sich in den Alleghanies und Rocky Mountains. Dagegen hat man ihren Mangel in Nordasien häufig betont, aber einige tief eingeschnittene Fjorde lassen uns muthmaassen, dass das Tschuktschenland, sowie Theile des Amurgebietes in analoger Weise vergletschert waren wie andere Fjordküstenländer, und von den hohen centralasiatischen Gebirgen, dem Himalaja, Thianschan und der Gruppe des Munku

Digitized by Google

Sardyk, lässt sich behaupten, dass sie gleich den Alpen einst mächtigere Eisströme erzeugten als heute. Auch auf der südlichen Hemisphäre wiederholen sich die Glacialphänomene. Die Südinsel Neuseelands, welche so gerne wegen ihrer heutigen Gletscher als ein Seitenstück zu der ehemaligen alpinen Vereisung bezeichnet wird, war einst fast ganz unter Eis begraben. Die tiefen Fjorde Patagoniens sind neben den früher von DARWIN beobachteten erratischen Blöcken gleichfalls als Werke einer ehemaligen Vereisung des südlichen Ausläufers der neuen Welt anzusprechen; und wie auf der nördlichen Halbkugel Alpen, Karpathen, Kaukasus und Himalaja lehren, dass in Gebirgen einst Gletscher enorm entfaltet gewesen, so bezeugen ein Gleiches die Spuren auf den Gebirgen von Natal und Ostbrasilien auf der südlichen Hemisphäre. Die Vergletscherung der Alpen ist unter solchen Umständen kein blosses Lokalphänomen, sie ist nur der lokale Ausdruck einer allgemeinen Erscheinung auf der Erde, einer allgemeinen Eiszeit.

Wenn wir von diesem Gesichtspunkte die alpine Vereisung betrachten, so bedarf es kaum eines besonderen Nachweises, dass alle die zahlreichen Hypothesen über ihre Ursachen, welche auf lokalen Verhältnissen basiren, von der Hand zu weisen sind. Solches gilt von der alten Ansicht J. DE CHARPENTIER's, dass die Alpen einst höher gewesen, und höher in das Bereich des „ewigen Schnees“ aufragten, solches gilt in noch viel höherem Maasse von der Ansicht ESCHER's VON DER LINTH, dass der Föhn einst als feuchter Wind während der Quartärperiode aus der damals unter Wasser liegenden Sahara kam und die Gletscher anwachsen liess. Nicht nur kommt der Föhn nicht aus der Sahara, sondern diese letztere war auch während der Quartärzeit nicht unter Wasser, wie durch POMEL und ZITTEL neuerdings erwiesen. Als ungenügend zur Erklärung der alpinen Vergletscherung müssen wir aber auch die Hypothese bezeichnen, welche von LYELL zuerst geäussert und bis in die neueste Zeit vielfach verfochten wurde. LYELL meinte bekanntlich, dass Nordeuropa während der Quartärperiode unter Wasser lag, und dass da, wo die Drifterscheinungen auftreten, sich ein Meer ausdehnte, auf welchem sich Eisberge umhertummelten. Dieses Meer habe abkühlend auf die umgebenden

Digitized by Google

Länder gewirkt. Hiergegen lässt sich nicht bloss mancherlei Bedenken auf Grund meteorologischer Erfahrungen äussern, und hauptsächlich einwenden, dass ein Meer von der Ausdehnung des LYELL'schen Driftmeeres, wie alle Meere höherer Breiten, erwärmend auf die benachbarten Länder gewirkt haben müsste, sondern vor allem ist LYELL's Ansicht mit der Drifttheorie zu Fall gebracht. Eben jene Länder, in deren Ueberfluthung man die Ursache der alpinen Vereisung suchte, waren selbst vergletschert, und da wo man die Ursache der Eiszeit zu erkennen glaubte, sind ihre Werke am enormsten entfaltet. Auch die Annahme grosser Landmassen zwischen Norwegen und Spitzbergen, einer Arktis, welche nach K. PETTERSEN[1]) die nordische Uebereisung verursacht haben soll, dient uns nicht zur Erklärung einer Eiszeit, abgesehen davon, dass sie schwerlich eine skandinavische Vergletscherung bedingen würde. Nicht minder unhaltbar ist ferner jene Hypothese, dass an und für sich schon die Mehrung der Niederschlagsmengen eine gewaltige Vergletscherung erzeugen könnte, und dass die Alpen in maritimer Umgebung ein eiszeitliches Gewand anlegen würden. Gerade die Südinsel Neuseelands, welche zuerst von VON HOCHSTETTER und später von DESOR[2]) zur Begründung einer solchen Anschauung herbeigezogen wird, lehrt deren Unhaltbarkeit kennen. Diese Insel ist in der denkbar günstigsten Lage zur Erzeugung von Gletschern, und in der That sind dieselben hier gewaltig entfaltet. Allein während der Quartärzeit waren sie noch bedeutender entwickelt, und dies überzeugt, dass ein maritimes Klima allein noch keine Eiszeit erzeugt. Auch die in vieler Hinsicht sehr beachtenswerthe Ansicht vermögen wir nicht zu theilen, dass falls die Landenge von Panama unter Wasser tauchte, der Golfstrom andere Bahnen einschlagen und somit aufhören würde, Europa zu erwärmen, sodass sich hier eine Eiszeit einstellen müsste. Abgesehen davon, dass das Haupterforderniss jener Theorie, die Unterbrechung der Landenge während der Quartärzeit,

[1]) Arktis. I. Geol. För. För. Stockholm 1874. Bd. II. II. Arch. f. Math. og Naturv. 1881. p. 465.

[2]) Le Paysage morainique. 1875.

Digitized by Google

nicht erwiesen ist, und dass selbst bei einer Kommunikation des atlantischen und stillen Oceanes der Golfstrom nicht ausbleiben würde, so würde jene Hypothese nur zur Noth die europäische Vergletscherung erklären können, nicht aber die allgemeine Eiszeit.

Die Lokaltheorien zur Erklärung der alpinen Vergletscherung genügen sammt und sonders nicht den Anforderungen, welche wir stellen müssen. Nicht nur beruhen sie grösstentheils auf unerwiesenen Voraussetzungen, wie wir hier nur andeuten konnten, sondern sie betrachten vor allem das Phänomen isolirt, ohne Rücksicht auf die gleichartigen übrigen, sie erklären nur einen Theil, nicht die Gesammtheit. Allein das ist ja eben der strittige Punkt, ist das Glacialphänomen allgemeines oder nur lokales, hat es also allgemeine oder lokale Ursachen gehabt? Vielfach wird die Ansicht geäussert, dass wenn die Eiszeit eine allgemeine Ursache gehabt hätte, sie allenthalben in einer Gletscherbildung sich geäussert hätte, und in Deutschland haben vor allem Peschel[1]) und Fr. von Hauer[2]) ausgeführt, dass die äusserst ungleiche Entwickelung der eiszeitlichen Gletscher in den verschiedenen Theilen der nördlichen alten Welt ein entschiedener Beweis gegen jene Theorie über allgemein wirkende Ursachen der Eiszeit sei.

In der That ist nicht zu leugnen, dass das quartäre Glacialphänomen nicht überall in gleicher Intensität entfaltet ist. Man betrachte die beigefügte Kartenskizze, auf welcher die hauptsächlichsten früheren und heutigen Gletschergebiete der Erde, soweit es der Maassstab erlaubte, darzustellen versucht sind. Gewaltige Eismassen bedeckten Nordamerika und Nordeuropa, aber Spuren ähnlicher Gletscherentfaltung fehlen im nördlichen Asien. Deutlich sieht man in Europa, wie Peschel[3]) vor allem betonte, eine Abnahme des Glacialphänomens von West nach Ost. Im Duerobecken, also in einem der südlicheren Theile Europas, beobachtete Cabral neuerlich Spuren einer Vereisung, welche sich bis ans Meer erstreckte[4]), die centralfranzösischen Gebirge waren beträchtlich

[1]) Völkerkunde. 1877. p. 43.

[2]) Die Geologie etc. 2. Aufl. 1878. p. 698.

[3]) Völkerkunde. 1877. p. 43.

[4]) Estudo de depositos superficiaes da bacia do Douro. Secção dos trabalhos geologicos de Portugal. Lisboa 1881. p. 67.

Digitized by Google

vergletschert, dagegen gelang es in Osteuropa noch nicht, alte Gletscherspuren unter gleichen Breiten zu entdecken. Die österreichischen Geologen, welche die Erforschung der Balkanhalbinsel so erfolgreich begannen, haben erst kürzlich betont, dass den Hochgebirgen jener Halbinsel die Spuren quartärer Gletscher fehlen. Von den drei süddeutschen Mittelgebirgen waren die Vogesen entschieden am intensivsten vereist, und deutlich lassen die Alpen, wie wir oben darthaten, eine Abnahme der Vergletscherung von West nach Ost erkennen. Es waren die Westalpen stärker unter Eis begraben als die östlichen Theile des Gebirges.

Ganz dasselbe wiederholt sich in Nordamerika, hier nimmt das Glacialphänomen von Ost nach West an Intensität ab. Die niedrigen östlichen Theile des Kontinentes waren vereist; die hochgelegenen Gebirgsregionen der Westküste trugen unter gleicher Breite nur lokale Gletscher. An der Thatsache also, dass das Glacialphänomen auf der nördlichen Hemisphäre, wo man seinen Spuren am besten folgen kann, in ungleicher Intensität entwickelt ist, ist nicht zu zweifeln. Aber daraus ergiebt sich noch keineswegs die Berechtigung zu schliessen, dass das quartäre Glacialphänomen nicht a l l g e m e i n e Ursachen gehabt habe. Auch heute sind die Gletscher in ungleichem Maasse entfaltet, und ganz in entsprechender Weise, wie sich auf der alten Welt eine Abnahme des quartären Glacialphänomens von West nach Ost und auf der neuen Welt in umgekehrter Richtung geltend macht, nimmt auch heute die Entwickelung der Gletscher ab. Norwegen trägt unter 60° beträchtliche Gletscher, dem Ural fehlen sie. Die Alpengletscher steigen im Westen des Gebirges tiefer herab als im Osten, und die des Kaukasus enden, obwol in ziemlich derselben Breite gelegen, in weit grösserer Höhe als die alpinen. Die hohen centralasiatischen Gebirge sind durchaus nicht in der Weise mit Gletschern ausgestattet, wie man nach ihrer Lage und Höhe im Vergleich mit den Alpen folgern möchte. Der nordöstliche Theil von Nordamerika, Grönland, liegt unter Eis begraben, der nordwestliche Theil hingegen trägt trotz beträchtlicher Erhebung in gleicher Breite nur lokale Gletscher. Und weiter noch geht der Parallelismus zwischen dem quartären und heutigen Glacialphänomen. Genau in entsprechender Weise, wie heute die Gletscher

Digitized by Google

auf der nördlichen Halbkugel in der alten und neuen Welt verschieden entwickelt sind, wie ihre Entfaltung auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre differirt, war es während der Eiszeit auch. Wie Grönland heute stärker vereist ist als Skandinavien, war Nordamerika mehr unter Eis begraben als Nordeuropa. Erstreckte sich das europäische Inlandeis bis zum 50. Parallel, so überschritt das nordamerikanische den 39.; wie heute in Patagonien die Gletscher in Breiten sich ins Meer schieben, in welchen wir solches auf der nördlichen Halbkugel nirgends sehen, so erstrecken sich auch seine Fjordküsten in niedere Breiten als irgendwo im Norden; wie endlich in Neuseeland heute die Gletscher bis in klimatische Zonen herabreichen, in welchen nirgends auf der nördlichen Hemisphäre Gletscher enden, so war während der Quartärzeit Neuseeland in einer Breite gänzlich übereist, wo wir solches bei einem isolirten Gletschergebiete der nördlichen Hemisphäre kaum sehen. Wie heute auf der Erde die Gletscherentfaltung unter gleichen Breiten variirt, so war es zur Eiszeit auch, und das ganze quartäre Glacialphänomen erscheint lediglich als eine Steigerung des heutigen. Die heutigen Gletscher waren angewachsen, und zwar proportional ihrer heutigen Entwickelung. Wo sie nämlich heute beträchtlich entfaltet sind, waren sie es früher auch, und wo sie heute nur wenig sich ausdehnen, waren sie auch früher wenig bedeutend. In Gebieten, in welchen heute vermöge der herrschenden Trockenheit Gletscher trotz grosser Erhebungen und hoher Breite mangeln, fehlten sie einst auch, so in den sibirischen Gebirgen. Dagegen stellten sie sich aber in solchen Gebirgen ein, welche heute in der Nachbarschaft von Gletschergebieten sich befinden, allein zur Gletschererzeugung nicht hoch genug sind, wie in den Vogesen, im Schwarzwalde und Harz. Dies bildet jedoch, wie sich leicht begreifen lässt, nur eine scheinbare Ausnahme von der Regel, dass das quartäre Glacialphänomen eine Steigerung des heutigen darstellt, und wir können nicht anstehen, dasselbe als ein allgemeines zu bezeichnen. Wir müssen es daher als den Ausdruck einer allgemein wirkenden Ursache betrachten. Ob nun allerdings dieselbe die ganze Erde zugleich oder beide Halbkugeln nach einander betroffen hatte, vermögen wir nicht ohne weiteres zu entscheiden; denn wenngleich

Digitized by Google

die eiszeitliche Gletscherentfaltung eine derartige ist, dass man annehmen muss, sie sei auf je einer Halbkugel gleichzeitig gewesen, so fehlen doch noch Anhaltspunkte dafür, dass sie auf beiden zugleich sich fühlbar machte. Allein, wie dem auch sei, sehen wir in der quartären Gletscherentfaltung nur eine Steigerung der heutigen, so kann die Ursache dafür nur in der Steigerung jener Momente liegen, welche zur Gletschererzeugung führen.

Gletscher finden sich da, wo die jährlichen Niederschläge in Form von Schnee fallen und nicht weggethaut werden können. Eine Vermehrung der Niederschlagsmengen führt also nothwendigerweise, wie FOREL[1]) erst neuerlich wiederum so überzeugend nachgewiesen, zu einem Ausdehnen und Anwachsen der Gletscher. Allein dieses Anwachsen wird gezügelt durch deren Abthauen und Abschmelzen; wenn auch ein Anwachsen der Gletscher durch reichliche Niederschläge bedingt wird, so wird demselben eine Grenze durch deren Abschmelzen gesetzt, und es kann das Anwachsen nur bis zu einer bestimmten Grösse erfolgen. Die Südinsel Neuseelands zeigt nun, dass die reichlichsten Niederschlagsmengen doch noch nicht zu einer eiszeitlichen Gletscherentwickelung führt. Die Gletscher in diesem Gebiete, welches doppelt so reichliche Niederschlagsmengen geniesst, als die Alpen in irgend welchem Theile, sind zwar ungemein entfaltet, aber erreichen nicht das Maass jener Entwickelung, welche sie einst besassen.

Dieser Umstand lehrt im Vereine mit der Thatsache, dass das Glacialphänomen in heute trockenen Zonen fehlt, dass zu einer eiszeitlichen Gletscherentfaltung nicht bloss allgemein reichlichere Niederschläge, sondern vor allem auch eine Temperaturerniedrigung gehörte, welche das Anwachsen der Gletscher fördert. Zwei Momente müssen wir also zu einer Erklärung der Eiszeit für nothwendig erachten, einerseits Mehrung der schneeigen Niederschläge und andererseits Erniedrigung der Temperatur, mit anderen Worten, einen klimatischen Wechsel.

---

[1]) Recherches sur les variations périodiques dans l'état des glaciers de la Suisse. Archives des sciences physiques et naturelles. Genève. III. S. t. VI. 1881.

Digitized by Google

Ueber den Umfang eines solchen klimatischen Wechsels braucht man sich keine übertriebenen Vorstellungen zu machen. Wir sind der Meinung, dass schon eine geringe klimatische Schwankung ein beträchtliches Anwachsen der Gletscher bedingen kann, denn die Gletscher selbst, wenn sie einmal wachsen, tragen in sich den Keim zu neuer Vermehrung. Auch dies gezeigt zu haben, ist FOREL's schönes Verdienst. Eine Vergrösserung ihrer Masse führt zu einer Steigerung ihrer kondensirenden Wirkungen; indem sie ferner auf ihre Umgebung einen abkühlenden Einfluss haben, mehren sie hier die schneeigen Niederschläge und drücken die Schneelinie herab. Dazu kommt noch eines. Durch das Anwachsen der Gletscher zu ganzen Vereisungen werden Gebiete in das Bereich des „ewigen Schnees" gebracht, welche sonst ausserhalb desselben liegen, und es sind nicht mehr bloss die Gipfel des Gebirges, welche Firn zur Mehrung des Gletschers sammeln, sondern auf diesem selbst häuft sich, wie wir für die deutschen Alpen zu zeigen versuchten, Firn an. Die Hauptmasse der Vereisung erstreckt sich schliesslich in Regionen, wo sie fortwährend gemehrt wird. FOREL's Untersuchungen machten evident, wie gering oft die klimatische Schwankung ist, welche heute das Anwachsen der Gletscher nach sich zieht, und in der That erachten wir schon eine geringe Minderung der Temperatur für genügend zur allgemeinen Steigerung der Gletscherentwickelung. Jede Gletscherentwickelung aber stellt eine Kältecirculation auf der Erde dar, sie bringt Kälte in Gestalt von Eis gebunden von einem Ort zum andern, und zieht dadurch eine Verschiebung klimatischer Verhältnisse nach sich, deren Extrem wir als Eiszeit bezeichnen.

Durch seine Allgemeinheit gewährt das quartäre Glacialphänomen schon einen wichtigen Wink zu seiner Lösung und Erklärung. Es lehrt uns eine früher stattgehabte klimatische Veränderung kennen. Aber darauf beschränkt sich das Ergebniss nicht, welches sein Studium liefert. Wol zu beachten ist die Thatsache, dass allüberall da, wo das quartäre Glacialphänomen genau untersucht worden ist, sich Andeutungen oder Beweise mehrerer während der Diluvialzeit stattgehabter Vereisungen ergaben.

Das Material, welches in dieser Hinsicht die Alpen lieferten,

Digitized by Google

haben wir einer sorgfältigen Erwägung unterworfen, und unser Resultat lautete, nicht bloss einmal, sondern mindestens dreimal sind die Alpen während der grossen Eiszeit vergletschert gewesen. Unsere Untersuchung führte uns schon zum Vergleiche mit anderen Gletschergebieten. Wie in den Alpen tritt in Nordeuropa und in Nordamerika eine innere und äussere Moränenzone auf, und besonders in Nordamerika ist man geneigt, diese beiden für verschiedenalterig, für Produkte verschiedener Vergletscherungen zu halten. Und in der That hat man in den beiden grossen borealen Gletscherbezirken auch sonst reichliche Thatsachen aufgefunden, welche die Annahme mehrerer Vereisungen stützen. Ich möchte hier nur auf die beiden Werke von JAMES GEIKIE[1]) hinweisen, welche reichliche Belehrungen über diesen Gegenstand darbieten. Es sei auch gestattet, hier darauf hinzuweisen, dass eine mehrmalige Vereisung Norddeutschlands, wie sie durch HELLAND, GREWINGK und mich verfochten wurde, zwar nicht allgemein adoptirt, aber doch nie widerlegt worden ist. Eine solch konstante Wiederkehr von Erscheinungen kann kein Zufall sein, und in der That, wenn wir einmal anzunehmen gezwungen sind, dass die eiszeitliche Entwickelung der Gletscher der Ausdruck einer allgemein wirkenden Ursache ist, so ist an und für sich klar, dass, wenn sich irgendwo Spuren mehrerer diluvialer Vergletscherungen finden, dies allenthalben in allen alten Gletscherbezirken wiederkehren muss.

Zu verkennen ist allerdings nicht, dass die Frage, ob mehrere Vergletscherungen sich während der Diluvialzeit geltend gemacht haben oder nur eine einzige mit Oscillationen, noch keineswegs endgültig gelöst ist, und wenn wir auch für die Alpen das erstere nachzuweisen suchten, so liegt uns doch fern, die gegnerischen Ansichten völlig unerwähnt zu lassen. Zum Glück kommt es aber hier gar nicht darauf an, ob man eine oder mehrere Vergletscherungen annehmen will, sondern es handelt sich nur darum, und das lässt sich nicht bestreiten, dass die eiszeitliche Gletscherentwickelung allenthalben höchst beträcht-

[1]) The Great Ice Age. 1. Aufl. 1874. 2. Aufl. 1877. Prehistoric Europe. 1881.

Digitized by Google

lichen Schwankungen unterworfen gewesen ist, mag man dieselben für die Oscillationen einer Vereisung oder für mehrere verschiedene halten. Alle jene beträchtlichen Schwankungen nämlich können nur durch die Annahme klimatischer Veränderungen erklärt werden, und unter allen Umständen führt das Studium des quartären Glacialphänomens zur Annahme wiederholter allgemeiner klimatischer Schwankungen.

Dieses Ergebniss lässt uns nun wiederum aus der Fülle von Hypothesen über die Ursachen der Eiszeit eine Anzahl ausscheiden. Alle jene zahlreichen Ansichten, welche das Eintreten einer einzigen Kälteperiode begründen möchten, entbehren der Bekräftigung durch Thatsachen. Weder Frankland's Abkühlungstheorie, noch Balford's Hypothese über plötzlichen Wechsel der von der Sonne ausgestrahlten Wärmemenge, noch die Annahme von kalten Weltenräumen, durch welche das Sonnensystem sich bewegt, können als erklärend angesehen werden, abgesehen von der ihnen allen mangelnden positiven Begründbarkeit. Die Geologie verlangt eine Theorie über wiederholte klimatische Schwankungen und richtet diese Anforderung an die moderne Meteorologie.

Aber die Meteorologie steht einer solchen Anforderung ziemlich rathlos gegenüber. Das Beobachtungsmaterial, über welches sie verfügt, erstreckt sich nur auf eine kurze Zeitdauer, welche geologischen Zeiten gegenüber als ein unnennbarer Bruchtheil erscheint. Thatsache ist, dass sie während dieses Zeitraumes nirgends klimatische Veränderungen hat wahrnehmen können, welche hinsichtlich der uns beschäftigenden Fragen von Bedeutung wären; und so bleibt denn auch auf meteorologischem Gebiete die Ursache der Eiszeit auf hypothetischem Boden.

Die meteorologische Forschung hat jedoch wenigstens zur Aufdeckung jener Thatsachen geführt, welche das jetzige Klima der Erde beherrschen, durch deren Veränderungen also auch das Klima der Erde Schwankungen erleiden wird. Deutlich spürt man den Einfluss der Lage der Erdaxe auf das Klima, und es hat nicht an Theorien gefehlt, welche durch eine Variabilität der Erdaxe klimatische Schwankungen erklären wollen. Aber exakte Berechnungen haben gezeigt, dass die Erdaxe im Allgemeinen eine fixe Lage hat, und die Modifikationen der Theorie, welche durch

Digitized by Google

Evans vorgeschlagen wurden, vermögen derselben nicht die fehlende praktische Anwendbarkeit zu gewähren. Die Entwickelung des Glacialphänomens während der Diluvialzeit zeigt, wie wir oben darthaten, so viele Harmonien mit den heutigen Verhältnissen, dass man nur sagen kann, es entwickelte sich zu einer Zeit, als die Stellung der Erdaxe dieselbe war wie heute. Von unbestrittenem Einflusse auf das Klima ist zweifellos die Schiefe der Ekliptik, und auf Veränderungen in derselben hat man gleichfalls das Eintreten der Eiszeit zurückführen wollen. Aber diese Schiefe ist nur geringen Schwankungen unterworfen, und über die Art ihres Einflusses auf das Klima sind die Meinungen getheilt. Nach der einen Ansicht bringt die Vergrösserung der Schiefe in hohen Breiten ein kälteres Klima hervor, nach Croll hingegen ein wärmeres. Dass aber das quartäre Glacialphänomen in seinem ganzen Umfange durch Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik hervorgebracht wird, ist kaum je verfochten worden. Es widerspricht die Gesammtentwickelung des quartären Glacialphänomens der Annahme irgend welcher Veränderung in der Lage der Erdaxe im Erdkörper oder deren Stellung zur Ekliptik; und in der That, haben die engen Grenzen, in welchen, wie Rechnungen lehrten, jene Veränderungen möglich sind, die Meteorologie stets veranlasst, ihnen kein besonderes Gewicht hinsichtlich der klimatischen Schwankungen zuzuschreiben. Dagegen ist die Meteorologie immer wieder auf einen Faktor zurückgekommen, durch welchen entschieden klimatische Veränderungen verursacht werden können.

Schon ein flüchtiger Blick auf eine beliebige Isothermenkarte lehrt, dass die Vertheilung der Wärme auf der Erde eine andere ist, als man theoretisch verlangen muss. Auf gleichen Breiten trifft man die verschiedensten Temperaturen an, und augenscheinlich ist es die unregelmässige Vertheilung von Wasser und Land, welche diese Unregelmässigkeit bedingt. So ist denn frühe schon die Lehre entstanden, dass mit einer Verschiebung der Vertheilung von Festem und Flüssigem zugleich eine Verschiebung der klimatischen Verhältnisse sich geltend machen müsse. Diese von Lyell zuerst entwickelte Anschauung beruht auf der sicheren Basis der Beobachtung, und bis zum heutigen Tage ist sie es ge-

Digitized by Google

wesen, welche von meteorologischer Seite aus als Erklärungsversuch der Eiszeit dienen musste.

So wenig wir aber auch geneigt sind, den Einfluss der Vertheilung von Wasser und Land auf klimatische Verhältnisse zu unterschätzen, so wenig kann irgend welche hierauf basirende Anschauung die Ursachen der Eiszeit erklären. Denn die quartären Vergletscherungen haben sich auf dem heutigen Boden entwickelt, wie die bestehenden orographischen Verhältnisse ihnen die Wege vorschrieben, so standen sie in ihrer Gesammtentwickelung unter den heutigen physiographischen Zügen. Nachweislich hat seit der Quartärperiode keinerlei namhafte Verschiebung der Grenzen zwischen Wasser und Land stattgefunden, das einzige, was sich geltend machte, sind lokale, randliche Untertauchungen am Saume der bestehenden Festlandmassen. Es drängt uns dies besonders hervorzuheben, als neuerlich Woeikof[1]), um die ehemaligen Vergletscherungen zu erklären, wieder angenommen hat, dass einige Theile unseres Kontinents vor Eintritt der Eiszeit unter Wasser gelegen hätten, und dass darin die Ursache der Vergletscherung zu suchen sei. Es finden sich keinerlei geologische Beweise für eine solche Annahme, und noch mehr, die Gesammtentwickelung des Glacialphänomens zeigt eine so auffällige Harmonie mit den heutigen Verhältnissen, wie wir oben zeigten, dass man unmöglich zu einem andern Schlusse kommen kann, als dem: das quartäre Glacialphänomen entwickelte sich auf dem heutigen Boden.

Der augenscheinliche Einfluss, welchen die Vertheilung von Wasser und Land auf den klimatischen Zustand der Erde ausübt, ist aber keineswegs als eine unmittelbare Wirkung aufzufassen. Er ist vielmehr der Ausdruck der beträchtlichen Wärmecirculation, welche fast ausschliesslich auf den wasserbedeckten Theilen der Erdoberfläche stattfindet. Die Meeresströmungen sind es, welche Wärme und Kälte verfrachten und an Stellen hinführen, wo sie die theoretische Wärmevertheilung auf der Erde energisch alteriren. Längst schon kennt man die Wirkung des Golfstromes

---

[1]) Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältnisse zum Klima. Zeitschrift d. Gesellsch. für Erdkunde. Berlin 1881. Heft 3.

Digitized by Google

auf das europäische Klima, wenngleich man auch erst in neuester Zeit sich hat völlig Rechenschaft hierüber geben können. Als Seitenstück zur Wirkung des Golfstromes kennt man die des Kuro Siwo im Stillen Oceane, und durch Meeresströmungen wird verursacht, dass die Ostküsten auf der südlichen Hemisphäre wärmer sind als die Westküsten. Die längstbekannte Thatsache endlich, dass die südliche Hemisphäre kälter ist als die nördliche, erklärt sich gleichfalls durch die beträchtliche Wärmecirculation, welche durch die Meeresströmungen bewirkt wird. Man weiss, dass die äquatoriale Strömung des atlantischen Oceans warmes Wasser von der südlichen Halbkugel auf die nördliche überführt, und dass die Wärme, welche der Golfstrom Europa spendet, zum Theil der südlichen Hemisphäre entzogen ist. Nicht anders liegen die Dinge im Stillen Oceane, auch hier führt die äquatoriale Strömung einen Theil der über die südliche Halbkugel ausgegossenen Wärme auf die nördliche über. Also nicht die Vertheilung von Wasser und Land ist es direkt, welche den namhaften Einfluss auf die klimatischen Verhältnisse ausübt, sondern es sind vor allem die Meeresströmungen, welche die unregelmässige Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche schaffen. Würde eine Aenderung in der Vertheilung von Wasser und Land das Klima energisch beeinflussen, so würde solches in ganz besonderem Maasse auch durch eine Aenderung in der Wärmecirculation auf der Erde geschehen können. Eine solche Aenderung ist mehrfach bereits angedeutet worden durch die Annahme, dass ein Fernbleiben des Golfstromes von Europas Küsten eine Eiszeit herbeiführen würde; aber der Grund, welcher gemeinhin für das Ausbleiben des Golfstromes angeführt wird, nämlich ein Durchbruch der Landenge von Panama, ist für uns gänzlich unbefriedigend. Was uns nahe liegt, ist zu fragen, ob bei der bestehenden Vertheilung von Wasser und Land die Meeresströmungen Variationen unterworfen sein können.

In den Meeresströmungen können wir nur ein Produkt der herrschenden Winde erkennen, was durch CROLL besonders verfochten und schliesslich durch ZÖPPRITZ bewiesen wurde. Obige Frage fällt somit mit der zusammen, ob die herrschenden Winde bei gleichbleibender Vertheilung von Wasser und Land Verände-

Digitized by Google

rungen unterworfen sein können. Wir halten eine solche Möglichkeit für wahrscheinlich. Das grosse herrschende Windsystem, zugleich dasjenige, welchem die Meeresströmungen zu danken sind, ist das der Passate. Dasselbe erleidet eine Periode alljährlicher Verschiebungen, entsprechend dem Stande der Sonne. Man sollte daher erwarten, dasselbe zu beiden Seiten des Aequators symmetrisch entfaltet zu sehen. Aber bekanntlich ist dies nicht der Fall. Es wehen die Südostpassate konstant über den Aequator hinweg, und die Calmenzone liegt während des ganzen Jahres nördlich des letzteren. Den Grund für diese Erscheinung hat man in der höheren Temperatur der nördlichen Hemisphäre zu erkennen gemeint. Allein dies ist uns, gleich wie PILAR[1]), nicht recht einleuchtend, uns scheint vielmehr die Ursache hierfür in dem Umstande zu liegen, dass die Sonne länger nördlich des Aequators steht als südlich desselben. Die nördliche Halbkugel hat die Sonne unter jetzigen Verhältnissen sechs Tage länger im Zenith als die südliche, sechs Tage länger als die südliche empfängt sie das Maximum der Wärmestrahlung, und zwar kommt dieselbe weniger dem Aequator als höheren Breiten zu. Die Orte, welche das Maximum der Insolation geniessen, liegen also nördlich des Aequators, und sie bedingen die Lage der Calmenzone. Aus diesem Grunde, so nehmen wir an, liegen die Calmen nördlich des Aequators. Aber bekanntlich hat nicht anhaltend die nördliche Halbkugel den längeren Sommer; wenn in 10500 Jahren ihr Winter in das Aphel fällt, ist das Umgekehrte der Fall, dann steht die Sonne länger über der südlichen Halbkugel als über der nördlichen, dann liegen die Orte grösster Insolation auf der südlichen Halbkugel, und dann, nehmen wir an, muss eine Verschiebung der Calmen nach Süden eingetreten sein. Kurz, wir meinen, dass die Calmen keine konstante Lage haben, dass sie eine gewisse Beweglichkeit besitzen, derzufolge sie jeweilig auf die Halbkugel hinrücken, welche die Sonne die längere Zeit über sich hat.

Zufolge der schwankenden Excentricität der Erdbahn ist die Dauer der Jahreszeiten eine verschiedene, es kann der Fall eintreten, dass die eine Halbkugel 36 Tage länger die Sonne über

---

[1]) Ein Beitrag zur Frage über die Ursachen der Eiszeiten. 1876. p. 51.

Digitized by Google

sich hat als die andere. Da die Sonne am längsten im Zenithe jener Orte steht, welche den Wendekreisen näher liegen als dem Aequator, so wird jener Ueberschuss von 36 Tagen Insolation zumeist den höheren Breiten zu gute kommen, und dementsprechend wird die Calmenregion nach jenen höheren Breiten zu sich verschieben.

Wir halten also die Lage der Calmen für eine variirende, je nach der Dauer, um welche die eine Halbkugel länger die Sonne über sich hat, als die andere. Da jene Dauer wechselt, und dabei bald der einen, bald der anderen Halbkugel zu gute kommt, so ergibt sich hieraus eine grosse Veränderlichkeit in der Lage der Calmen. Mit denselben wandern aber die Passate, und mit diesen die Meeresströmungen. So ergiebt sich eine höchst bedeutende Veränderlichkeit in der Wärmecirculation auf der Erde. Auf die Halbkugel, welche die Calmenregion trägt, wehen die Passate und mit denselben strömen die erwärmten Wasser der anderen über, und in je höheren Breiten die Calmenzone liegt, desto intensiver wird das Uebergreifen der Winde, wird das Ueberströmen von erwärmten Wassern sein. Die Halbkugel, welche den längeren Sommer hat, und welche demnach auch, wie wir annehmen, die Calmenregion trägt, empfängt durch die Meeresströmungen einen Theil der der anderen Halbkugel gespendeten Wärmemenge. Ihre Meere werden erwärmt, während die der letzteren Wärme abgeben. So erklären wir den Unterschied in der Temperatur der südlichen und nördlichen Hemisphäre und so, meinen wir auch, kann in Perioden grosser Excentricität der Erdbahn, wenn also die eine Halbkugel beträchtlich länger beschienen ist, als die andere, eine noch grössere Temperaturdifferenz zwischen beiden entstehen, als wir heute wahrnehmen. Es werden dann die Meere der einen Halbkugel vorwiegend kalt, die der anderen dagegen warm sein. Die erstere hat dann ein kaltes maritimes Klima. Ein solches ist, wie A. Woeikof in seiner angeführten anregenden Schrift zeigt, der Gletscherentfaltung günstig; in der That, es gewährt reichliche Niederschläge und niedere Temperatur, die Existenzbedingungen von Gletschern.

Entfalten sich nun einmal auf einer Halbkugel ausgedehnte Gletscher, so können diese zu einer wahren Eiszeit führen. Sie

Digitized by Google

bringen Kälte aus höheren Regionen in tiefere, Kälte aus höheren Breiten in niedere, und machen also gemässigte Striche der Kälte theilhaftig, welche andere Regionen erzeugten. An die Gletscherentfaltung knüpfen sich intensive Temperaturverschiebungen, und in der Nähe der grossen Eismassen muss naturgemässer Weise sich eine Verschärfung der klimatischen Zustände geltend machen.

Wir sind also der Meinung, dass Perioden grosser Excentricität der Erdbahn, während welcher die Differenz zwischen Sommer und Winter sehr bedeutend werden kann, einen merklichen Einfluss auf das Klima ausüben werden. Nach unserer Auseinandersetzung ist jeweilig die Halbkugel die kältere, deren Winter in das Aphel fällt. Dies ist auch die Ansicht von James Croll, welcher zu demselben Resultate bei Verfolgung einer anderen Erwägung gekommen ist. Nach ihm äussern sich Perioden hoher Excentricität direkt auf die Gletscherentwicklung. Die Halbkugel, deren Winter in das Aphel fällt, hat nämlich einen langen kalten Winter und einen kurzen heissen Sommer. Nun soll der lange kalte Winter in höheren Breiten der Schneeanhäufung günstig sein, welche dann solche Dimensionen annimmt, dass sie im kurzen heissen Sommer nicht getilgt werden kann. Es sammeln sich Schneemassen in höheren Breiten an, dieselben erzeugen Gletscher, und einem Geschwüre gleich wachsen Schnee und Gletscher an. Dieselben wirken abkühlend auf das Klima der Umgebung, es entsteht ein verschärfter Temperaturgegensatz zwischen jenen eistragenden Breiten und dem Aequator, und demzufolge eine Steigerung der Intensität der Passate, welche von der eistragenden Halbkugel nach dem Aequator wehen. Diese Steigerung ihrer Schnelligkeit und Stärke soll bedingen, dass die Passate über den Aequator hinweg auf die andere Halbkugel wehen, sodass auf diese letztere die Calmenzone zu liegen kommt. Croll nimmt also gleichfalls eine Verschiebbarkeit der Calmenzone an, sie ist nach ihm indirekt das Werk einer gesteigerten Excentricität der Erdbahn, während sie nach unserer Anschauung unmittelbar durch dieselbe bedingt wird. Aber darin stimmen wir mit Croll wiederum völlig überein, dass mit der Verschiebung der Passat- und Calmenzone eine Verrückung in dem System der Meeresströmungen eintritt. Die Meeresströmungen als Werk der herrschenden Winde,

Digitized by Google

folgen denselben in der Veränderlichkeit ihrer Lage, und von der Halbkugel, von welcher die Passate übergreifen auf die andere, strömen auch erwärmte Wassermassen auf die andere über. Nach Croll und uns verliert die Halbkugel, deren Sommer in das Perihel fällt, welche also den längeren Winter hat, Wärme an die andere, nur ist nach Croll dies eine Folge der bereits eingetretenen Vergletscherung jener Halbkugel, während wir in diesem Wärmeverluste die Ursache der Vergletscherung zu erkennen suchen.

Der ganze Unterschied zwischen Croll's und unserer Argumentation liegt also darin, dass nach Croll die herrschenden Winde indirekt durch die wechselnde Excentricität der Erdbahn beeinflusst werden, während solches nach unserer Ansicht eine direkte Folge derselben ist. Pilar[1]) hat sich bereits in diesem Sinne geäussert; nach ihm liegen die Calmen in jenen Breiten, in welchen die Differenz zwischen sommerlicher und winterlicher Erwärmung ein Minimum ist, welche also jahraus jahrein eine konstante Erwärmung geniessen. Pilar zeigt in einer besonderen Berechnung, dass diese Breiten durch die Grösse der Excentricität der Erdbahn bestimmt werden. Während des Maximums der Excentricität erreichen sie eine Grösse von 19° 36′, so dass also eine Verrückung der Calmen in einer Zone von fast 20° zu beiden Seiten des Aequators denkbar ist. Allein der wesentliche Einfluss der Verschiebung der herrschenden Winde auf die Meeresströmungen und somit auf die Wärmecirculation ist von Pilar nicht berücksichtigt worden.

Der jetzige Zustand, dass die südliche Halbkugel kälter ist als die nördliche, ist nach der hier vorgetragenen Anschauung nur ein temporärer. Je nachdem bald die eine, bald die andere Halbkugel den längeren Sommer hat, ist bald die eine, bald die andere wärmer als die andere, und der Grad der Wärmedifferenz zwischen beiden steht in Beziehung zur Grösse der Excentricität der Erdbahn. Somit halten wir bei gleich bleibender Vertheilung von Wasser und Land durch Veränderungen in der Wärmecirculation auf der

[1]) Ein Beitrag zur Frage über die Ursachen der Eiszeiten. Agram 1876. p. 51. 52.

Digitized by Google

Erde das Klima derselben für schwankend innerhalb grosser, weit ausgedehnter Zeiträume. Wir glauben also wol, dass die Meteorologie die wiederkehrenden klimatischen Veränderungen, zu deren Annahme geologische Forschung führt, erklären kann.

Wenn es nun auch im Wesen der hier dargelegten Anschauung liegt, dass sie periodische Veränderungen des Klimas für wahrscheinlich hält, so ist damit doch keineswegs gesagt, dass auch eine regelmässige periodische Wiederkehr von Vergletscherungen unbedingt eintreten müsse, denn es ist durchaus nicht zu folgern, dass jeder klimatische Wechsel, dass jede kältere Periode auch in einer Eisentwickelung sich äussern müsse. Das Auftreten von Gletschern ist an bestimmte geographische Verhältnisse geknüpft, wie man leicht aus der Vertheilung der heutigen Eisströme entnehmen kann. Gletscher finden sich heute nur in Gebirgen; und selbst die eiszeitlichen Gletscher gingen stets von Gebirgen aus. Fehlen Gebirge, so fehlt der Ausgangspunkt irgend welcher Vereisung, würden wir uns die skandinavischen und schottischen Hochlande vom Norden Europas entfernt denken, so würden wir keinerlei quartäre Vergletscherung desselben beobachten können, und ebenso wenig würden wir uns eine Vergletscherung Nordamerikas ohne das im Norden gelegene Grönland vorstellen können. Aber nicht alle Gebirge sind in gleichem Maasse zur Gletschererzeugung geeignet. Wir spielen hier nicht auf die verschiedene Höhe an, sondern vielmehr auf ihre geographische Lage. Die in maritimen Klimaten gelegenen Gebirge erzeugen die verhältnissmässig grössten Gletscher, nur die in maritimen Gebieten liegenden Gebirge wurden der Ausgangspunkt ausgedehnter Vereisungen Fjordküsten knüpfen sich regenreiche Gebiete, wie Reclus zeigte. So strahlte von Skandinavien das grosse nordeuropäische Inlandeis aus, während die höheren centralasiatischen Gebirge Sibirien nicht zu vergletschern vermochten. Abgesehen von einer Störung in der Wärmecirculation der Erde gehören also bestimmte geographische Momente zur Erzeugung gewaltiger Vergletscherungen, zu den Existenzbedingungen von Eiszeiten, und wenn man sich noch erinnert, in welch hohem Maasse diese Wärmecirculation auf der Erde durch geographische Züge bedingt wird, so muss man eingestehen, dass es des wol

Digitized by Google

äusserst selten vorkommenden Zusammenwirkens verschiedenster theils meteorologischer, theils geographischer Thatsachen bedarf, um eine Eiszeit zu erzeugen, und dass, wenn auch die eine Ursache periodisch wiederkehrt, das Glacialphänomen nicht in regelmässigen Intervallen aufzutreten braucht.

Sind aber einmal die geographischen Verhältnisse der Entstehung von Vergletscherungen günstig, so ist in den periodischen Schwankungen der Wärmecirculation ein wesentliches Moment für deren Wiederkehr gegeben. Nur möge man, weil in Perioden grosser Excentricität wärmere und kältere Zeiten mit einander wechseln, nicht ohne weiteres folgern, dass demnach auch Eiszeiten mit besonders warmen Interglacialzeiten wechseln müssten. Man vergesse nicht, dass wenn einmal enorme Eismassen sich auf dem festen Lande angehäuft haben, deren Abschmelzen eine grosse Wärmemenge absorbirt, und jener Ueberschuss von Wärme, durch welchen die Interglacialzeit bedingt ist, dürfte vollauf zum Thauen der während der Glacialzeiten angesammelten Eismassen verwendet werden. Ja, fragen muss man sich mit A. R. Wallace wol, ob denn überhaupt jene gewaltigen Inlandeismassen, welche einst in Europa 115000 Quadratmeilen, in Nordamerika 361000 Quadratmeilen bedeckten[1]), in einer Interglacialzeit mit einer Dauer von 10500 Jahren gänzlich reducirt werden konnten. A. R. Wallace verneint in seinem neuesten Werke diese Möglichkeit; nach ihm werden die Perioden grosser Excentricität, welche er gleich uns neben den geographischen Verhältnissen für die Ursache der Vergletscherungen ansieht, nur anfänglich durch Eisanhäufungen ausgezeichnet, welche auf beiden Halbkugeln alterniren; später jedoch, wenn die Eismassen so beträchtlich werden, dass sie in einer Interglacialzeit nicht weggeschmolzen werden können, sammelt sich auf beiden Hemisphären zugleich Eis an, und in ihrem weiteren Verlaufe werden die Perioden grosser Excentricität durch gleichzeitige Vergletscherungen auf beiden Halbkugeln charakterisirt.

Mag man nun Croll's Ansicht huldigen, dass während der Interglacialzeiten alle Werke der Glacialzeiten zerstört werden,

---

[1]) Vergl. Penck, Schwankungen des Meeresspiegels. Jahresber. geogr. Gesellsch. München. 1881. p. 73.

Digitized by Google

oder mag man durch WALLACE's Erwägungen für dessen Anschauung gewonnen werden, jedenfalls sind die Perioden hoher Excentricität bei entsprechenden geographischen Verhältnissen mindestens befähigt zur Erzeugung grosser, in ihrem Umfange sehr schwankender Vergletscherungen. In der That sehen wir, dass sich unter den heutigen geographischen Verhältnissen einst Vergletscherungen bildeten, welche in ihrer Ausdehnung so bedeutenden Veränderungen unterworfen waren, dass man von mehrmaligen, durch langdauernde Zeiten unterbrochenen Vereisungen ganzer Länder reden darf. So steht denn der Thatbestand mit den Anforderungen der Theorie im Einklange.

Anders gestaltet sich freilich die Sachlage, wenn in Perioden grosser Excentricität die geographischen Verhältnisse der Erzeugung von Gletschern nicht günstig sind. Dann werden kältere und wärmere Zeiten regelmässig mit einander alterniren, und da der Wärmeüberschuss der wärmeren Zeit nicht zur Zerstörung der während der kälteren Zeit angehäuften Eismassen verwendet wird, so wird sich unter solchen Umständen selbst in höheren Breiten ein gemässigtes Klima einstellen. Es äussern sich also nach unserer Anschauung die Perioden grosser Excentricität in verschiedener Weise auf das Klima der Erde je nach den geographischen Verhältnissen, welche sie vorfinden. Bald erzeugen sie in höheren Breiten Vereisungen, bald mildere Klimate, ohne dass jedoch beide in der regelmässigen Weise alterniren, wie es von CROLL vorausgesetzt wird. Man wird vielleicht in dieser doppelten Wirksamkeit der Perioden grosser Excentricität einen Widerspruch zu erkennen glauben. Denn es frappirt auf den ersten Anschein, dass Zeiten derselben astronomischen Verhältnisse bei verschiedenen geographischen Umständen das Klima in entgegengesetzter Weise beeinflussen. Allein man beachte wol, dass ein Theil der Kälte der Eiszeiten aus höheren Luftschichten herrührt, und dass die als Eis aufgespeicherte Kälte es ist, welche den Einfluss der wärmeren Perioden absorbirt, welcher sonst, falls das Eis fehlt, sich ungehindert geltend machen kann.

Das an und für sich schon selten mögliche Eintreten von Eiszeiten muss man im Auge behalten, wenn man die Annahme jener regelmässig wiederkehrenden Veranlassungen der Vergletscherungen und Eiszeiten bestreitet, wie es viel-

Digitized by Google

fach geschieht, weil man in den Schichten keinen Beweis für eine regelmässige Wiederkehr der Vergletscherungen findet. Nicht jede Periode grosser Excentricität erzeugt ein Glacialphänomen, es gehören dazu noch besondere geographische Verhältnisse, wie WALLACE zuerst in seinem anregenden Werke „Island Life“[1]) ausdrücklich hervorhob. Von vornherein ist also nicht häufig die Gelegenheit zur Entwickelung einer Eiszeit günstig. Ferner aber entfaltet sich eine Vergletscherung immer nur auf beschränktem Boden. Sie ist auf Festländer beschränkt, und hier wiederum nur auf gewisse Theile. Die Spuren, welche sie hier hinterlässt, aber bestehen, wie uns die Vergletscherung der Alpen lehrt, nur zum dritten Theile aus solchen Ablagerungen, welche unbedingt auf Glacialwirkungen schliessen lassen.

Kontinentalbildungen sind jedoch nur in seltenen Fällen erhaltungsfähig. Das feste Land auf der Erde ist unausgesetzten Zerstörungsprocessen ausgesetzt, und alle Ablagerungen, welche auf ihm entstehen, haben nur ein temporäres Dasein. So sehen wir denn in den älteren Formationen nirgends Kontinentalbildungen[2]), weder begegnen wir alten Eluvialbildungen, noch Spuren von Torf- und Moorablagerungen, die ganze geologische Schichtenfolge besteht aus Sedimenten und einigen wenigen vulkanischen Gebilden. Nur ganz ausnahmsweise findet man Spuren und Andeutungen alter Kontinente. Es darf daher nicht Wunder nehmen, wenn man in den Straten keine Spuren früherer Eiswirkungen entdeckt. Es bedürfen also die Vergletscherungen nicht bloss zu ihrem Zustandekommen des seltenen Zusammenwirkens verschiedener Faktoren, sondern um die sie beweisenden Spuren zu erhalten, benöthigt es wiederum exceptioneller Vorgänge.

Trotz alledem hat man nun aber auch in älteren Formationen Spuren von Eiswirkung entdeckt. Gekritzte Geschiebe fand RAMSAY[3]) zuerst in einer Geschiebelehm ähnlichen Ablagerung des englischen Rothliegenden, und seither hat man in verschiedenen

---

[1]) Island Life. London 1881. p. 151.

[2]) Die sogenannten Kontinentalbildungen der ostindischen Halbinsel sind theils vulkanischen Ursprungs, theils Sedimente.

[3]) Quart. Journ. Geologic. Soc. London. Vol. IX. 1855. p. 197.

Digitized by Google

Formationen ähnliche Spuren aufgefunden, wie die Zusammenstellungen von CROLL[1]) und JAMES GEIKIE[2]) über die diesbezüglichen Funde lehren. Allerdings können wir uns vielen jener Thatsachen gegenüber, welche man auf Gletscherwirkung zurückführen möchte, nur sehr zurückhaltend benehmen. Wir wissen, wie ausserordentlich schwierig der glaciale Ursprung mancher Ablagerungen zu bestimmen ist. Wir brauchen als Beweis hierfür nur anzuführen, dass selbst in neuester Zeit im Pariser Becken Eluvialbildungen für glaciale gehalten worden sind, und hier handelt es sich um weit verbreitete Oberflächenformationen. Schwieriger gestaltet sich die Frage bei Ablagerungen, welche in die regelmässige Schichtenfolge eingebettet sind, und welche nur in dürftigen Ausstrichen zu verfolgen sind. Was man als entscheidend beweisend für Glacialwirkungen hält, ist eben oft nicht bloss eindeutig. Gletscherschliffe und Harnischbildungen auf Schichtflächen sind nicht immer leicht zu unterscheiden; es gelang mir in miocänen Ablagerungen am Fusse der deutschen Alpen an mehreren Stellen gekritzte und geschrammte Geschiebe aufzufinden, welche von echt glacialen kaum zu unterscheiden sind, und welche ich doch nicht für solche halten kann; regellos struirte Ablagerungen brauchen durchaus nicht Gletscherbildungen zu sein, viele Verwitterungslehme, wie die Argile à silex, haben keine Schichtung und stellen eine wirre Ablagerung[3]) dar; wie selten endlich Schichtenstauchungen und Riesentöpfe, mit welch letzteren leider immer noch geologische Orgeln verwechselt werden, mit Glacialwirkungen zu thun haben, lehrt deren massenhaftes Auftreten ausserhalb der alten Gletschergebiete: Die Vieldeutigkeit aller jener Phänomene, die man gern ausschliesslich für glaciale hält, kann nicht genug zur vorsichtigen Beurtheilung derselben mahnen, wenn man sie isolirt, nicht in ihrer Gesammtheit in älteren Formationen findet. Dahingegen ist der Umstand, dass es gelang,

[1]) Climate and Time. 1875. p. 292.

[2]) The Great Ice Age. 2. Aufl. 1877. Appendix. Note A. p. 566.

[3]) Fast unbegreiflich ist mir, wie zwei so tüchtige Kenner von Glacialerscheinungen, wie FALSAN und CHANTRE, die Argile à silex im Nordosten Lyons für eine Glacialformation halten können. Vergl. Étude des anciens glaciers.

Digitized by Google

in einem der bestbekannten und bestuntersuchten Gebieten Deutschlands gekritzte und geschrammte Geschiebe in miocänen Konglomeraten aufzufinden, wol ein sprechender Beweis dafür, dass noch vielerlei zur Lösung unserer Frage dienende Phänomene auf heimischem Boden zu entdecken sind.

Eiszeiten sind nach unserem Dafürhalten nichts anderes als der durch örtliche Verhältnisse bedingte Ausdruck gewisser, regelmässig wiederkehrender klimatischer Schwankungen. Zur Annahme klimatischer Schwankungen ist aber auch die paläontologische Forschung gelangt, und so schiene unser Ergebniss völlig mit dem auf anderen Wege gewonnenen zu harmoniren, wenn nicht gerade von paläontologischer Seite aus die Annahme früherer Vereisungen lebhaft angegriffen worden wäre. Wie sich nämlich in den verschiedenen Formationen nur selten Spuren direkter Glacialwirkungen finden, so vermisst man meist auch die Einwirkungen einer Gletscherperiode auf die in ihnen auftretenden Organismen.

So wenig nun der Einfluss von Gletscherzeiten auf Flora und Fauna unterschätzt werden darf, so sehr muss man sich auch hüten, ihn zu vergrössern. Wenn eine jede klimatische Verschiebung auch nothwendigerweise eine Verschiebung in der Vertheilung der Organismen nach sich zieht, so vergesse man nicht, dass dieselbe fast ausschliesslich die Landbewohner trifft. In zweiter Linie erst werden die Bewohner der Küsten in Mitleidenschaft gezogen, während die Bewohner der tieferen und tiefen See im Allgemeinen von klimatischen Veränderungen auf der Erdoberfläche nicht beeinflusst werden, weil sie in Tiefen leben, in welchen sich klimatische Veränderungen auf der Erdoberfläche kaum noch fühlbar machen. Herrscht doch in jenen Tiefen des Oceans, deren Crinoiden- und Echinidenfauna so manche Aehnlichkeit mit den Tiefseebildungen älterer Formationen aufweist, eine Temperatur, welche an beinahe arktische Verhältnisse erinnert, und diese Temperatur ist in allen Oceanen, und unter allen Breiten fast genau dieselbe.

Was nun die Landbewohner anlangt, so hat A. R. Wallace neuerdings als einen der Hauptgrundsätze, nach welchen sich die Thiergeographie richtet, die Natur und die Häufigkeit kli-

Digitized by Google

matischer Wechsel während geologischer Zeiten hingestellt; er sieht solchergestalt in der heutigen Verbreitung der Landthiere das Endresultat anhaltender klimatischer Schwankungen der Vorzeit.[1]) So beträchtlich nun aber auch die Wanderungen der Land- und Küstenbewohner zur letzten Glacialzeit gewesen sein müssen, so wenig Spuren finden sich davon in den Schichten. Wie spärlich sind doch die Reste einer nordischen Flora im mittleren Deutschland, und doch ist unbestritten, dass sich einst eine solche daselbst ausdehnte. Wie selten und vereinzelt sind die Spuren nordischer und arktischer Thiere, von denen wir doch durch Kombination der Einzelfunde wissen, dass sie sich weit über unser Land verbreitet haben; wie selten endlich sind die Reste nordischer Arten in den marinen Ablagerungen der Küsten. Welch untergeordnete Rolle spielen die berühmten marinen Glacialthone Skandinaviens und Schottlands, und wie verhältnissmässig arm an Fossilien sind sie. Unseren Küsten fehlen diluviale Muschelbänke, dagegen sind sie wieder an den Gestaden des Mittelmeeres entwickelt, und thatsächlich hat man in denselben auf Sicilien und Rhodus einige boreale Arten gefunden, allein dieselben beschränken sich hier, wie unweit Palermo nachgewiesen wurde[1]), auf eine specielle, wenig mächtige Schicht, sind also nicht allgemein in den Diluvialbildungen vorhanden. Dabei geniesst man nun des Vortheiles, dass man es mit den Resten noch heute lebender Arten zu thun hat, deren Lebensbedingungen bekannt sind. Wie schwierig gestaltet sich aber die Frage, wenn es sich nicht mehr um lebende, sondern um ausgestorbene Arten handelt. Wie will man ermitteln, ob man es in dieser oder jener dünnen Schicht, welche als das marine Aequivalent einer Eiszeit aufzufassen ist, mit den Resten arktischer Formen oder solchen eines gemässigten oder milden Klimas zu thun hat?

Die mächtigen Gesteinsschichten, welche sich unmittelbar oder mittelbar auf Glacialwirkungen zurückführen lassen, sind vielleicht

[1]) Island Life. London 1881. p. VIII.

[2]) Monterosato: Notizie intorno alle conchiglie fossili di Monte Pellegrino e Ficarazzi Palermo 1872. Catalogo delle conchiglie fossili di Monte Pellegrino di Ficarazzi presso Palermo. Boll. d. com. geolog. d'Italia 1877. p. 39.

Digitized by Google

dazu angethan, die Dauer einer Eiszeit zu überschätzen, da man von vornherein zu sehr geneigt ist, von der Mächtigkeit einer Formation auf die Dauer ihrer Bildungszeit zu schliessen. Es besteht aber ein gewaltiger Unterschied zwischen der Zeit, welche zur Bildung verschiedener Schichten nöthig ist. Ein Fluss kann sicher viel schneller 300 m Gerölle anschwemmen, als dass sich in einem See eine gleich mächtige Schlammschicht niederschlägt, und weit längere Zeiträume sind zur Bildung von 300 m Sedimenten in der tiefen See erforderlich. Es ist in dieser Beziehung ausserordentlich lehrreich, dass während der diluvialen Eiszeiten im alten Gletschergebiete eine ungemeine Menge von Material erodirt, bewegt und in mächtigen Straten anderorts wieder angehäuft wurde, wohingegen ausserhalb jener Bezirke nur eine äusserst geringe Schichtbildung stattfand. Während der Boden Norddeutschlands um viele Meter erhöht wurde, bildete sich an den Küsten Siciliens nur ein dünnes Stratum. Nun rechnet man gewöhnlich mit marinen Sedimenten. Wenn nun während einer Eiszeit sich nur dünne Lagen mariner Schichten selbst in littoralen Bezirken bilden, so muss diese Eiszeit als ein kurzes Phänomen, als ein vorübergehendes Ereigniss im Laufe der geologischen Geschichte erscheinen. Während sie auf dem festen Lande ihre Wirkungen durch Anhäufung mächtiger Schichten äussert, ist ihr marines Aequivalent eine dünne Ablagerung, und auf diese letztere, eine schwache Bank in der Schichtenfolge, koncentriren sich die Spuren ihrer Einwirkung auf Flora und Fauna.

Man hat bisher immer aus dem Gesammtcharakter der Flora und Fauna eines ganzen Systems oder beträchtlicher Systemsglieder auf die vorweltlichen Klimate geschlossen, und es ist nicht zu bezweifeln, dass man so einige recht annehmbare Resultate gewonnen hat. Nur möge man nicht sagen, dass, weil man das Klima dieser oder jener Periode als ein tropisches oder subtropisches erkannt hat, deshalb keine Eiszeit während derselben existirt habe. Die Wirkungen der Eiszeit auf die Organismen geben sich nicht in der Gesammt-Flora und Fauna eines ganzen Systems, sondern in den Fossilresten einer einzigen Bank oder Schicht zu erkennen,

Digitized by Google

und diese muss man studiren, diese muss man betonen, wenn es sich um die Frage nach früheren Eiszeiten handelt. Nun weiss man längst, dass aufeinander folgende Schichten oft sehr in ihrer Fauna differiren, und wenn man auch nicht mehr geneigt ist, wie es einige französische Forscher noch heute thun, daraus zu folgern, dass jede Schicht durch eine eigene Schöpfung charakterisirt sei, so muss man doch aus dieser Thatsache auf grosse Wanderungen der Organismen schliessen. In der That, nur die Annahme einer Migration von Norden her kann das Auftreten borealer Formen im oberen Pliocän Italiens erklären, worauf NEUMAYR [1]) aufmerksam macht, und SUESS lehrte schon vor vielen Jahren, dass der Unterschied der zweiten Mediterranstufe von der sarmatischen dadurch begründet ist, dass von Norden her eine neue Fauna einwanderte. Gelingt es jetzt in der Kreideformation Etage nach Etage auszuscheiden, von denen eine jede sich ziemlich scharf gegenüber der anderen nicht nur durch mutirte, sondern auch durch neue Formen auszeichnet, so dürfte diese der Evolutionstheorie anscheinend widersprechende Thatsache wol auch auf Wanderungen von Organismen zurückzuführen sein. Zu einer gleichen Folgerung dürfte der oft ganz überraschende Zonenwechsel im deutschen Lias führen.

Jede Wanderung von Organismen setzt eine Aenderung in deren Existenzbedingungen voraus, und man hat diesem Umstande auch schon öfters Rechnung getragen, indem man manche Migrationen auf Aussüssungen von Meeresbecken zurückführt. Oft freilich glaubt man, durch Annahme einer Kommunikation zwischen zwei getrennt gewesenen Meerestheilen die Ursache von Wanderungen zu erklären. Doch es ist nicht immer der Fall, dass kommunicirende Meeresbecken dieselbe Fauna haben, und es ist daher nicht unbedingt nöthig, dass durch Oeffnung einer Verbindung eine Vermengung der Faunen stattfinden müsse. Nun lernen wir in der diluvialen Eiszeit die Ursache einer tiefgreifenden Migration kennen, wir sehen unter ihrem Einflusse den Moschusochsen aus den Polarregionen bis in unsere

---

[1]) Ueber den geologischen Bau der Insel Kos. Denkschr. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien. math.-naturw. Klasse. Bd. XL. 1880. p. 251.

Digitized by Google

deutschen Länder wandern, wir sehen an den Küsten Schottlands und Skandinaviens arktische Muscheln sich ansiedeln und die borealen Formen bis Sicilien wandern. Warum soll es nun durchaus ausgeschlossen sein, dass manche Thierwanderungen, die uns durch plötzlichen Faunenwechsel in den Formationen angezeigt erscheinen, nicht auf ähnliche Ursachen deuten? WALLACE lehrt uns, dass die heutige Vertheilung der Organismen das Resultat anhaltender klimatischer Schwankungen der Vorzeit ist, warum sollte die frühere Vertheilung von Thieren und Pflanzen nicht durch dieselbe Grundregel beherrscht sein?

Die Thatsachen, welche häufig gegen eine periodische Wiederkehr von Vergletscherungen ins Feld geführt werden, dürften also schwerlich von grosser Tragweite sein. Allein wir wollen aber auch nicht ihre Bedeutung unterschätzen. Die periodische Wiederkehr von Vereisungen muss eben so wie jedes andere Phänomen bewiesen werden. Und dieses ist sie wol nur für die Zeit des Rothliegenden; weitere Forschungen mögen mit Kritik entscheiden, ob die Ablagerungen in anderen Formationen, welche man als glaciale ansieht, es wirklich sind, und der Paläophytologie ist es noch vorbehalten, mit derselben Schärfe, mit welcher sie in hohen Breiten frühere mildere Klimate erkannte, auch frühere Kältezeiten nachzuweisen.

Das Studium des Glacialphänomens führt weit über die Grenzen hinaus, die ihm ursprünglich gestellt waren. Anfänglich der Erforschung eines Lokalphänomens gewidmet, lehrte es einen immer grösser werdenden Kreis von Thatsachen kennen, und führte schliesslich zur endgültigen Konstatirung einer Eiszeit. Angeregt durch das Vorkommen von erratischen Blöcken, entsprang jenem Studium der erste richtige Versuch, den Transport derselben auf eine natürliche Weise zu erklären, und in dem Maasse, wie sich die Untersuchungen ausbreiteten, wurde ein gewaltiges Transportphänomen bekannt. Aus dem Bestreben, den Transport grosser Gesteinstrümmer zu erklären, entwickelte sich die Kenntniss einer Kraft, deren Einfluss auf das Relief der Länder früher nicht geahnt wurde, und welche im Stande ist, das Auftreten gewisser Unregelmässigkeiten auf der Erdoberfläche zu erklären, die man bislang gern als die Werke

Digitized by Google

von Katastrophen bezeichnete. Fjorde und geschaarte Binnenseen werden zu den geographischen Zügen einer Eiszeit. Es war durch den Vergleich mit heutigen Phänomenen, dass VENETZ und J. DE CHARPENTIER zur Annahme einer früheren grossen Gletscherentwickelung kamen. Diese Gletscherentfaltung schien eine Katastrophe in der Erdgeschichte zu sein, und es dürfte nicht zum mindesten die Abneigung gegen eine solche Annahme gewesen sein, welche den Resultaten des Glacialstudiums die allgemeine Billigung wehrte. Allein mehr und mehr hat neuerlich die Meinung an Boden gewonnen, dass auch die eine grosse, allgemeine Eiszeit keine plötzliche Katastrophe, kein Schüttelfrost in der Erdgeschichte ist. Die Versuche, ihr Eintreten zu erklären, führen zur Annahme säkularer klimatischer Veränderungen, und die konsequente Verfolgung dieser Ansicht stellt der Meteorologie, Geologie und Paläontologie neue Aufgaben und neue Anforderungen. Bisher haben sich jene Wissenschaften ablehnend gegenüber diesem Ergebnisse verhalten. Manche ihrer Einwände suchten wir zu entkräften. Es bleibt der Zukunft vorbehalten, den Entscheid zu liefern und die Richtigkeit unseres Resultates zu prüfen. „Wie im Laufe eines Jahres die höheren Breiten der Erde den Wechsel von Sommer- und Winterzeiten geniessen, so erlebt unser Planet in grossen Zeiträumen Sommer- und Winterperioden.“

Digitized by Google

ANHANG.

I. Ueber die Höhe der erratischen Vorkommnisse.

A. Innthal und Inngletscher.

Tschirgant (PICHLER). Blöcke. ca. 1700 m.

Marienberger Jöchl. Blöcke. 1830 m.

Mitterberg an der Mieminger Kette (E. VON BARTH). Blöcke. 1560 m (?).

Reither Spitze. Blöcke. 1570 m.

Reither Spitze (ABT). Blöcke. 1670 m.

Zirler Mader (PICHLER). Blöcke. ca. 1700 m.

Höttinger Alm bei Innsbruck. Blöcke. 1670 m.

Thürl am Haller Salzberg (bestätigt von PICHLER und v. MOJSISOVICS). Blöcke. 1750 m.

Vomper Joch (PICHLER). Blöcke. 1470 m.

Aschenau-Alm an der vorderen Spitz bei Jenbach. Blöcke. 1470 m.

Wibner Joch bei Brandenberg (PICHLER). Blöcke. ca. 1300 m.

Gamskogel bei Kufstein. Blöcke. 1360 m.

B. Isargletscher.

Reither Spitze. Blöcke. 1570—1670 m.

Ahrn-Spitz (PICHLER). Blöcke. 1600 m.

Gaisthal bei der Wildermieminger Alm (Gebr. SCHLAGINTWEIT). Blöcke. 1350 m.

Hoher Kranzberg bei Mittenwald. Blöcke. 1370 m.

Wettersteinwald: Fuss des Zirmes Kopfes (Gebr. SCHLAGINTWEIT). Blöcke. 1320 m.

Weg zur Schachen-Alm von der Kälberhütte. Blöcke. 1440 m.

Digitized by Google

Kreuzjoch (Gebr. Schlagintweit). Blöcke. 1550 m.
Kreuzjoch (Gümbel). „Erratisches Geschiebe". 1420 m.
Thörl am Eibsee (Gümbel). Hochgebirgsschotter (nicht selbst gesehen). 1120 m.
Steppbach-Alm westlich Garmisch (ein vereinzeltes Geschiebe). 1550 m.
Hasenjöcherl zwischen Oberau und Oberammergau (Gebr. Schlagintweit und Gümbel). „Erratisches Geschiebe." 1450 m.
Altlachberg südlich vom Walchensee (Gümbel). „Erratisches Geschiebe." 1200 m.
Jagdschloss auf dem Hochkopf, südlich vom Walchensee (Oberförster in Vorder-Riss). Blöcke. 1500 m.
Weg zwischen Jachenau und Vorder-Riss (höchster Punkt). Grundmoräne. 1200 m.
Gehänge des Herzogstandes am Jagdwege. Grundmoräne. 1160 m.
Kohlstattalpe an der Benediktenwand (Gümbel). „Erratisches Geschiebe." 1120 m.

C. Achenthaler Gletscher.

Achenau-Alm an der Vorderen Spitz. Blöcke. 1470 m.
Mauritzen-Alm am Sonnenwendjoche (Pichler). Blöcke. 1450 m.
Achenpass. Grundmoränen. 900 m.
Kühzagelsattel zwischen Schliersee und Tegernsee (Gümbel). „Erratisches Geschiebe." 1120 m.

D. Gletscherzweige des hinteren Sonnenwendgebirges.

Wibner Joch in Brandenberg (Pichler). Blöcke. 1300 m.
Forsthaus Falep. Grundmoränen. 1050 m.
Auf dem Wechsel zwischen weisser Falep und Rothach. Grundmoränen. ca. 1200 m.
Kühzagelsattel zwischen Schliersee und Tegernsee (Gümbel). „Erratisches Geschiebe". 1120 m.
Südgehänge des Wendelstein zwischen Bayerisch Zell und Oberaudorf. Blöcke. 1100 m.

E. Bayerische Hochebene.

Hoher Peissenberg. Blöcke. ca. 1000 m.

Digitized by Google

II. Gletscherschliffe.

A. Im Gebiete des Inngletschers im Gebirge.

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Innthal:				
Innsbruck: Steinbruch von Mayer bei Höttingen.	N 65° O	Rothe Breccie.	880 m.	
Kleiner Steinbruch in Höttingen.	N 60° O	Cardita-Dolomit.	650 m.	
Hall: Anstieg von Thaur zur Thaurer Alm, am Wege.	N 80° O	Unterer Alpenkalk (Muschelkalk).	1170 m.	
Häring.	—	Oligocän (Häringer Schichten).	—	Vergl. GÜMBEL: Gletschererscheinungen im Inn- u. Etschthale.
Oberes Loisachbecken:				
Marienberger Jöchl, oberhalb der Marienberger Alm.	N 15—30° W	Weisse Breccie und Hauptdolomit.	1760 m.	Sehr frisch erhalten, blossliegend.
Marienberger Jöchl, Abstieg nach Lermoos.	N 50° W	Hauptdolomit.	1700 m.	
Bieberwier, Felsbuckel an der Gabelung der Strassen nach Lermoos und Ehrwald.	N N 15° O N 30° O	Hauptdolomit.	1000 m.	Sehr gut erhalten.
Isargletscher:				
Buchen, Weg von Oberleutasch nach Buchen, dicht bei diesem Weiler auf der Passhöhe.	N 60° O	Hauptdolomit.	1200 m.	

Digitized by Google

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Mittenwald, Nordabfall des Burgberges.	N	Wettersteinkalk.	920 m.	
Weg nach dem Lautersee, Höhe dicht bei dem genannten See.	N 15° O	Rauchwacke.	1000 m.	
Wallgau, Strasse nach Vorder-Riss.	N 60° O	Hauptdolomit.	ca. 800 m.	
Wettersteinwald, Jagdweg von Ellmau nach der Schachen-Alm, dicht unter der Wetterstein-Alm.	N 15—30° W	Wettersteinkalk.	ca. 1400 m.	Vermuthlich die Spur eines Lokalgletschers des Wettersteingebirges.
Ettal, auf der Höhe des Ettaler Berges.	N 50° W	Hauptdolomit.	840 m.	
Achenthalergletscher:				
Scholastika am Achensee, dicht hinter dem Neubau von 1880.	N 30° W	Hauptdolomit.	935 m.	
Sonnenwendgebirge.	—	—	—	„Die Eiszeit hinterliess prächtige Gletscherschliffe dort, wo man aus Graba an die steinerne Stiege kommt". PICHLER, Neues Jahrb. 1875. Beiträge zur Geognosie Tirols. No. 8. Vom Sonnenwendjoche.
Gebiet südlich und nördlich der hinteren Sonnenwendjochkette:				
Brandenberg, am Wege nach Rattenberg, unter dem Nordabfalle des Brandenberger Joches.	N 60—75° O	Hauptdolomit.	920 m.	

Digitized by Google

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Thiersee, am Wege von Hinter-Thiersee nach dem Landl, dicht bei Hinter-Thiersee.	N 75° O	Neocom.	800 m.	
Thiersee, am Bache an der obersten Mühle von Vorder-Thiersee.	N 75° O	Neocom.	700 m.	
Strasse von Falep nach Tegernsee, südlich von „auf dem Wechsel“ unweit des Heustadel der Falep-Alm.	N 45° W N 30° W N 15° W N 45° O	Dachsteinkalk.	1000 m.	No 45° W Hauptrichtung. N 45° O nur an einer steil geneigten Fläche zu beobachten.
Tatzelwurm, am Weg nach Oberaudorf.	N 50° O	Hauptdolomit.	740 m.	
Gebiet östlich des Innthales:				
Prienthal, oberhalb Sacharang.	N 5° O	Hauptdolomit.	730 m.	

B. Im Gebiete des Iller- und Lechgletschers im Gebirge.

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Algäu:				
Illerthal, Hügel südlich Oberstdorf unweit Loretto, am Promenadenwege.	N N 10° O N 10° W	Flyschkalkstein.	900 m.	
Nordgehänge der Breitach unweit Tiefenbach, dicht am Wege von Oberstdorf dahin.	N N 15° W N 15° O	Schrattenkalk.	830 m.	

Digitized by Google

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Hindelang, am Nordgehänge der Ostrach, dicht oberhalb Vorderhindelang, Steinbruch.	—	Flysch.	890 m.	Die Schrammen zeigen die verschiedensten Richtungen, je nachdem sie auf horizontalen oder geneigten Flächen auftreten. Im Allgemeinen zeigen sie nach NO.
Vorderjoch, rechts an der Strasse nach Hindelang in einer kleinen Grube.	N 50—60° O	Hauptdolomit.	1000 m.	Die Schliffe nur an wenigen Stellen erhalten.
Lechthal:				
Pass Gaicht, dicht oberhalb des Passes, westlich der Strasse im Thale.	N 15° O	Hauptdolomit.	1120 m.	
Ehrenberg, Südabhang des Schlossberges am Wege von Weissenbach nach Heiterwang im Klauswalde.	N 15—20° O	Wettersteinkalk.	1000 m.	Die Schrammen auf den Felsbuckeln nicht ganz deutlich, vielleicht zweifelhaft.
Hohenschwangau, Weg vom neuen Schlosse nach der Teufelsbrücke, im Alpseethale.	N 60° O	Hauptdolomit.	ca. 840 m.	Diese drei Schliffe liegen kaum 500 m auseinander; ihre Richtung ist die der Thäler, in welchen sie liegen, daher die grossen Unterschiede.
Ebendaselbst, Kamm zwischen Alpsee und Bellatthal.	N 15° O	Hauptdolomit.	ca. 855 m.	
Ebendaselbst, dicht an der Teufelsbrücke im Bellatthale.	N 70—75° W	Hauptdolomit.	ca. 850 m.	
Füssen, Auf der Höhe des Calvarienberges.	N 30° O	Wettersteinkalk.	ca. 840 m.	Die Schrammen durch Schrattenbildung theilweise verwischt.

Digitized by Google

C. Auf der schwäbisch-bayerischen Hochebene.

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Isargletscher:				
Schwaighof am Ostersee.	N	Jüngere Meeresmolasse.	ca. 600 m.	Vergl. ZITTEL: Gletschererscheinungen. A. a. O. p. 265.
Schäftlarn, Steinbruch am rechten Ufer der Isar.	N 35° O	Diluviale Nagelfluh.	670 m.	Die gesammte Fläche gehört theilweise dem Thalgehänge des Isar an.
Starnberg, Steinbruch am Wege nach Mühlthal, dicht an der Eisenbahn.	N 10—15° W	Diluviale Nagelfluh.	606 m.	
Tutzing, Eisenbahneinschnitt nördlich der Station.	N	Diluviale Nagelfluh.	620 m.	
Widdersberg am Pilsensee, Steinbruch am Ostende des Dorfes.	N 40° O	Diluviale Nagelfluh.	660 m.	
Bad Sulz.	—	Aeltere Brakwassermolasse.	ca. 820 m.	Dieser von GÜMBEL entdeckte Schliff lässt keine dominirende Schrammungsrichtung erkennen. Nach freundlicher Mittheilung des Entdeckers.
Schneidberg, an der Strasse von Peiting nach Rottenbuch.	N 20° W	Aeltere Süsswassermolasse.	ca. 820 m.	
Lechgletscher:				
Nördlich Füssen, Steinbruch an der Strasse nach Oberdorf, unweit Eschbach.	N 15—30° W	Flysch.	800 m.	

Ort	Richtung	Grundgestein	Meereshöhe	Bemerkungen
Steinbruch ebendaselbst, unweit Rieden, dicht am Lech.	N	Flysch.	790 m.	
Weganschnitt auf d. Höhe nördl. Schwabsoien.	N 15° W	Diluviale Nagelfluh.	ca. 740 m.	
Illergletscher:				
Kempten, Bahnhof, Steinbruch dicht an der Brücke.	N 7° O N 7° W	Aeltere Brakwasser-molasse.	700 m.	
Steinbruch bei Bucharts, südwestl. Kempten.	N 30° W	Aeltere Brakwasser-molasse.	760 m.	
Immenstadt.	N	Aeltere Süsswasser-molasse.	—	Die Angaben über die Richtung dieser Schliffe danke ich Herrn Oberbergdirektor GÜMBEL, welcher dieselben auffand. (Die geognost. Untersuch. d. Königreiches Bayern. 1877.)
Strimo bei Legau.	N 45° W	Süsswassermolasse.	—	
Ober-Staufen, linkes Gehänge des Alpseethales unweit Wengen und Knechtenhofen, gegenüber dem Staufener Berge.	N 80° W	Aeltere Süsswasser-molasse.	760 m.	
Rheingletscher:				
Ober-Staufen, Abfall des Schlossberges gegen das Weissachthal.	N 30° O	Aeltere Süsswasser-molasse.	760 m.	Dieser Schliff läuft aufwärts am Gehänge des Weissachthales.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Digitized by Google

REGISTER.

A.

Abdämmungsseen p. 349.
Achenpass p. 38. 72.
Achensee: Lage, p. 70. Bildung p. 157. 352.
Achenthaler Gletscher p. 72. 78.
Acer trilobatum Stbg. sp. p. 241.
ADHÉMAR; citirt p. 10.
AGASSIZ, L.: Lehre der Eiszeit p. 5. 6. Untersuchungen über die Gletscher p. 5. Glacialphänomen Nordeuropas p. 8. Gekritzte Geschiebe p. 9. Parallele Terrassen p. 11. Gletscherschlamm p. 34. 37. Gletscherschliffe p. 38. Zusammensetzung der Endmoränen p. 121. Gesteinstransport unter dem Eise p. 127. Zerstörung gekritzter Geschiebe p. 137. Terrassen des Glen Roy p. 158. Eisdecken p. 188. Mangel an Oberflächenmoränen auf dem Inlandeise p. 196. Gesteinstransport unter dem Inlandeise p. 197. Ursprung der Grundmoränen p. 197. Konservirung der Alpenseen p. 21. 403.
Algäu: Vergletscherung p. 80. Urgebirgsblöcke p. 84. Schieferkohlen p. 256.
Alluvions anciennes, siehe Anschwemmungen, alte.
Alluvions glaciaires p. 272.
Alluvium glaciaire p. 11. 272.
Alpen, deutsche: Orographie p. 25. Uebersicht der Vergletscherung p. 90. Abrundung der Gehänge durch Glacialwirkung p. 91. Mangel an End- und Seitenmoränen p. 92. Vertheilung der Grundmoränen p. 93.
Alpenseen: Vertheilung p. 308. Bildung der grossen Alpenseen p. 370. Theorien über deren Bildung p. 412. Konservirung p. 21. 403. 409. Reexcavation p. 371. 411.
Alpenthäler: Alter p. 331. 421. Bildung p. 331. 370. 412. 415.
Ammersee p. 123. 150. 355. 366. 413.
AMMON, L. VON: Alte Breccien bei Raibl p. 252.
Amphitheater, glaciale, p. 124. 125.
Anschwemmungen, alte, p. 266. Gletscherschliffe tragend p. 276. In Fragmenten in Moränen vorkommend p. 276. Alter: pliocän p. 273, interglacial p. 274, präglacial p. 271, glacial p. 271, altglacial p. 279. Gliederung p. 271. Verhältniss zu d. Alpenseen p. 403.
Antholzer See, Entstehung p. 163.
Argile à silex p. 455.
ARGYLL, Duke of: Gegner der Glacialerosion p. 372. Einwände gegen die Glacialerosion p. 390.
Arktis p. 436.
Arlberg, vergletschert p. 82.
Arundo Goepperti Heer p. 241.
Åsar p. 183.
Aschau am Inn p. 323.
Attersee p. 400.

B.

BACH: Beziehungen zwischen Topographie und Gletscherverbreitung p. 102. Nordgrenze des Rheingletschers p. 103. Zwei Vergletscherungen p. 214.
BACHMANN, J.: Lage der Endmoränen p. 128. Diluviale Kohlen am Thuner See p. 254. Altes Kanderdelta p. 410. Alter des Thuner Sees p. 425.

Digitized by Google

BALFORD: Eiszeittheorie p. 443.
BALL: Alter der Alpenthäler p. 331. Gegner der Glacialerosion p. 372. Einwände gegen die Glacialerosion p. 388. 390. Einwände gegen die glaciale Bildung der grossen Alpenseen p. 393. Genfersee p. 397. Bildung der Alpenseen p. 418.
Bänderthon p. 139. 140.
BARTH, E. v.: Erratische Blöcke am Mieminger Berge p. 53.
Bayerische Hochebene: Vergletscherung p. 99. Nordgrenze der Vergletscherung p. 103. Verhältniss der Vergletscherung zum Hinterlande p. 105. Zusammenhang zwischen Orographie und geologischem Bau p. 113. 124. 327. Zonen des Moränengebietes p. 125. Mehrmalige Vergletscherung p. 310. Seen p. 351. Gletscherschliffe p. 464.
Bayerthal p. 77.
BERENDT, G.: Staumoränen p. 121. Subglaciale Wassercirculation p. 175. Combinirte Gletscher- und Drifttheorie p. 195.
Bergstürze in den Alpen p. 60.
BERNHARDI: Glacialtheorie p. 3.
Biberberg p. 343.
Biberkonglomerat p. 343. 344.
BLANCHET, R.: Glacialer Ursprung der alten Anschwemmungen p. 271. Gletscherschliffe auf alten Anschwemmungen p. 276. Verhältniss der alten Anschwemmungen zu den Alpenseen p. 405.
Blocklehm Südbayerns p. 36.
Bodensee p. 413. 423.
Bois de la Bâtie p. 277.
Böhmerwald, alte Gletscher p. 434.
BONNEY, T. G.: Gegner der Glacialerosion p. 372. Kleine Seen durch Eis ausgehöhlt p. 373. Salzburger Seen p. 400. Seen des Engadin p. 402. Bildung der Alpenseen p. 418.
Brandenberg p. 157.
Breccien, alte: Alter p. 315. Vorkommen p. 229. 251;
„ bei Innsbruck p. 229;
„ am Marienberger Jöchl p. 245;
„ am Haller Salzberge p. 245;
„ am Vomperbache p. 245;
Breccien bei Wallgau p. 246;
„ bei Weissenbach am Lech p. 247;
„ bei Max-Josefsthal p. 247;
„ am Hochvogel, p. 252;
„ bei Garmisch p. 252;
„ am Steinernen Meere p. 252;
„ im Wimbachthale p. 252;
„ von Oberwölz p. 252;
„ vom Vischbachgraben bei Raibl p. 252.
Bregenzer-Ach-Gletscher p. 83.
Bregenzer Wald, lokale Gletscher, p. 85.
BRONN: Drifttheorie p. 14.
BROWN, Rob.: Subglaciale Wassercirculation in Grönland p. 178.
Bschlabsthal p. 62. 86.
BUCH, L. v.: Diluviale Nagelfluh p. 268.
Buerbrä p. 120. 383.

C.

CABRAL: Gletscher im Duerobecken p. 437.
Calmenzone, Verschiebbarkeit, p. 447. 450.
CAMPBELL: Uebertreibung d. Theorie glacialer Erosion p. 376.
Carpinus ? p. 241.
CHAMBERS: Mehrfache Vergletscherungen p. 18.
Champlain-Periode p. 207.
CHANTRE, E.: Gegner der Glacialerosion p. 373. (Siehe Falsan.)
CHARPENTIER, J. DE,: Transport erratischer Blöcke und Felsschliffe p. 5. Essai sur les glaciers p. 6. Vergletscherung des Nordens p. 6. Glacialanschwemmungen p. 11. 271. Gegen Drifttheorie p. 14. Gerundetes erratisches Material p. 33. Sand unter dem Gletscher p. 34. Gletscherschliffe p. 39. Gletscherschub p. 119. Diluvium glaciaire p. 11. 130. Definition des Gletschers p. 187. Alluvion glaciaire p. 272. Verhältniss zur Glacialerosion p. 382. Eiszeittheorie p. 435.
CHAVANNES: Zwei Vergletscherungen p. 219.
Chiemsee p. 369.
Chiemsee-Achen-Gletscher p. 78.
Clarens p. 217.

Digitized by Google

Clessin: Ampergletscher p. 32. Grenzen der Vergletscherung p. 102. 104. 122.
Clusensee p. 414.
Collomb, E.: Bildung der Grundmoräne p. 43. 197. 392. Hindernissmoränen p. 96. Zerstörung gekritzter Geschiebe p. 137. Mangel an Oberflächenmoränen der Vogesenvergletscherung p. 196. Gliederung des alpinen Quartärs bei Lyon p. 269.
Combensee p. 414.
Cook: Abfall des nordamerikanischen Inlandeises p. 193.
Credner, G. R.; Entstehung der Binnenseen und Fjorde p. 374.
Credner, Herm.: Schichtenstauchungen unter Geschiebelehm p. 45. Gletscherschub p. 120. Subglaciale Wassercirculation p. 175. Definition der Grundmoräne p. 205.
Croll, James: Theorie der klimatischen Schwankungen p. 19. 449. Inlandeis-Theorie p. 188. Ansteigen des grönländischen Inlandeises p. 192. Anhänger der Glacialerosion p. 376. Theorie der Gletscherbewegung p. 376. 381. Mächtigkeit des antarktischen Eises p. 390. Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik p. 444. Meeresströmungen p. 446. Interglacialzeiten p. 452. Wiederkehr der Eiszeit p. 455.
Cuvier: Lehre von der Eiszeit p. 7.
Cyperites canaliculatus Heer p. 241.
„ plicatus Heer p. 241.
Cyperus Sirenum Heer p. 241.

D.

Dana: Beschränkung der Fjorde auf höhere Breiten p. 20. Glacialer Ursprung von Seebecken p. 376.
Darwin, Charles: Drifttheorie p. 14. Gletscher von Feuerland p. 222. Erratische Blöcke in Patagonien p. 435.
Daubrée: Geschrammte Geschiebe p. 40. Erodirende Wirkung der Gletscher p. 203. 385.
Deflectionsbecken p. 400.
Deicke: Moränen unter den Schieferkohlen von Mörschweil p. 220.
Deluc, J. A.: Lehre von der Eiszeit p. 7.
Depression, centrale, p. 123. Erosionsgebiet p. 151. Hydrographisches Centrum p. 174. Hohes Alter 343.
Desor, E.: Vergletscherung Skandinaviens p. 10. Konservirung der Alpenseen p. 21. Vergletscherung Oberbayerns p. 30. 100. Unterschiede der Vergletscherung am Nord- und Südfuss der Alpen p. 110. Moränenlandschaft p. 116. Vergleich des erratischen Phänomens im Norden mit dem alpinen p. 189. Gegner mehrerer Gletscherperioden p. 218. 221. Einwirkung der Vergletscherung auf die Flora p. 224. Glacialformation pliocän p. 273. Gletscherschliffe auf alten Anschwemmungen p. 276. Gegner der Glacialerosion p. 372. Morteratschgletscher p. 381. Konservirung der Alpenseen während der Interglacialzeit p. 409. Thal- und Seebildung p. 413. Erosionsseen p. 416. Gletscher Neuseelands p. 437.
Diluvium, p. 268; alpines p. 268; erratisches p. 269; glaciaire p. 11. 130; präglaciales p. 270; unteres p. 269.
Dobson, Peter: Ueber gekritzte Geschiebe p. 49, Note.
Dollfus-Ausset: Erosion d. Unter-Aargletscher p. 202. Erodirende Wirkung der Gletscher p. 385.
Dombes, Seen, p. 369.
Dransethal p. 218.
Drifttheorie p. 14. 436.
Duerobecken, alte Gletscher, p. 437.
Dürr, citirt p. 32.

E.

Ebel: Erratische Blöcke auf der bayerischen Hochebene p. 100.
Ébray: Bois de la Bâtie p. 277.
Eibsee p. 61. 352.
Einsturzseen p. 350.
Eisdecken entsprechen dem Inlandeise p. 188.
Eisseen p. 349.
Eiszeit: Geschichtliches p. 5. 6. 7. Periodicität p. 17. 453. Theorien

p. 433. Ursachen p. 433. Folge grosser Gletscherentwicklung p. 441. 448. Oertlicher Ausdruck klimatischer Schwankungen p. 455.
Élie de Beaumont: Zweitheilung des alpinen Diluviums. p. 270. Hebungen der Alpen zur Quartärzeit p. 270.
Eluvium p. 283. 455.
Endmoränen: Mangel derselben in den deutschen Alpen p. 92; der bayerischen Hochebene p. 114.
Engadin, Seen, p. 402.
Erosionsseen p. 348. 413. 416.
Erratische Blöcke p. 2. 33; in Oberbayern p. 29. 93. 100; in Grundmoränen p. 46. Höhen p. 462.
Erratisches Geschiebe p. 130.
Escher, A. von der Linth: Rheingletscher p. 26. 103. Glacialerscheinungen im Innthale p. 49. Erratische Blöcke bei Seefeld p. 53. 64. Urgebirgsblöcke im Flysch des Algäu p. 84. Gegen Wiederholungen der Eiszeit p. 218. Höttinger Breccie p. 239. Gliederung der alten Anschwemmungen p. 279. Eiszeittheorie p. 435.
Esmark: Glacialtheorie p. 3.
Evans: Eiszeittheorie p. 444.
Excentricität der Erdbahn, Einfluss auf die Wärmecirculation p. 447; auf klimatische Schwankungen p. 447. 449. 453.

F.

Falep, Erratische Erscheinungen p. 75.
Falconer: Gegner der Glacialerosion p. 372.
Falsan, A.: Gegner der Glacialerosion p. 373.
Falsan, A. und E. Chantre: Gefälle des alten Rhonegletschers p. 191. Gegner mehrerer Vergletscherungen p. 221. Schutt von Lyon p. 252. Schieferkohlen der Alpen p. 254. Alluvions glaciaires p. 272. Citirt p. 396. Argile à silex als Glacialbildung p. 455.
Favre, A.: Recherches géologiques p. 12. Firnbedeckung während der Eiszeit p. 185. Gefälle des alten Rhonegletschers p. 190. Ursprung der Grundmoränen p. 197. Profil im Dransethale p. 218. 264. Gegen zwei Vergletscherungen p. 221. Schieferkohlen von Savoyen p. 251. Beziehungen der Glacialformation zum Pliocän. p. 274. Verschiedenes Verhalten der alten Anschwemmungen zur Glacialformation p. 275. Bois de la Bâtie p. 277. Gerölle mit Eindrücken p. 288. Gegner der Glacialerosion p. 372. Verhältniss J. de Charpentier's zur Glacialerosion p. 382. Einwände gegen die Glacialerosion p. 386. 388. 389. Einwände gegen die glaciale Bildung der grossen Alpenseen p. 393. Genfersee p. 397. Verhältniss der alten Anschwemmungen zu den Alpenseen p. 405. Alte Anschwemmungen im Wallis p. 408.
Favre, E.: Profil im Dransethale p. 218. Verschiedenes Verhalten der alten Anschwemmungen zur Glacialformation p. 275. Bois de la Bâtie p. 277.
Fernpass. Lage am rhätischen Thale p. 55. Mangel an Glacialerscheinungen p. 57. Jugendliches Alter p. 58. Bildung p. 59.
Firnbedeckung in den Alpen zur Eiszeit p. 185.
Fjorde: Definition p. 429. Geographische Verbreitung p. 21. 432. Bildung p. 430. Parallelismus p. 430.
Fluvioglaciale Bildungen siehe Glacialanschwemmungen und Glacialschotter.
Flurl: Erratisches Phänomen Oberbayerns p. 29. Erratische Blöcke auf der bayerischen Hochebene p. 99.
Förchen-See bei Traunstein, Bildung p. 163.
Forchhammer: Drifttheorie p. 14.
Forel: Ursachen der Gletscherausdehnung p. 440.
Fortschritte der Geologie: Kritik der Theorie glacialer Erosion p. 377.
Frankland: Eiszeittheorie p. 443.
Frapolli: Drifttheorie p. 14.

Digitized by Google

FRIGNET, E.: Vergletscherung Nordtirols p. 28. Vergletscherung des Klosterthales p. 80.
Fuschl-See p. 400.
FUCHS, Th.: Über Schichtenstauchungen p. 46.

G.

Gaichtpass, Aufarbeitung des Untergrundes der Grundmoräne p. 41. Vergletschert p. 86.
GASTALDI: Glacialanschwemmungen p. 12. Moränenamphitheater p. 125. Gegen zwei Vergletscherungen p. 221. Schieferkohlen von Oberitalien p. 254. Reexcavation der Alpenseen p. 371. 411. Alter See im Thale der Dora Baltea p. 394. Vergl. auch MARTINS, CHARLES.
Gefälle des alten Rhonegletschers p. 190.
„ des Inngletschers p. 190.
„ des Isargletschers p. 191.
„ des nordeuropäischen Inlandeises p. 193.
„ des grönländischen Inlandeises p. 191.
GEIKIE, ARCHIBALD: Mehrfache Vergletscherungen Schottlands p. 18. Anhänger der Glacialerosion p. 374.
GEIKIE, JAMES: The Great Ice Age p. 18. 442. Prehistoric Europe p. 19. 442. Absperrung des Val Gandino p. 162. Subglaciale Wassercirculation p. 175. Abfall des schottischen Inlandeises p. 193. Erhaltung loser Schichten unter der Grundmoräne p. 199. Schieferkohlen der Alpen p. 253. 254. Leffe p. 255. Beziehungen der Glacialformation zum Pliocän p. 274. 275. Gliederung der alten Anschwemmungen p. 278. Glaciale Bildung der schottischen Binnenseen p. 374. Deflectionsbecken p. 400. Wiederkehr der Eiszeit p. 455.
GEINITZ, E.: Diluvium ein Chaos p. 141.
Genfersee p. 397. 413.
Gerölle mit Eindrücken p. 287.
Geschiebe, gekritzte p. 36. Parallel geschrammt p. 39. Zuerst beobachtet von DOBSON und UNGER p. 49. Obliterirung in rinnendem Wasser p. 137. In Schottern p. 135. 137. Nicht glaciale p. 455.
Geschiebeformation Norddeutschlands p. 46. 130. 140. 207. 322. 434.
Geschiebelehm Norddeutschlands p. 46. 434.
Glacialablagerungen, Masse in Südbayern p. 328.
Glacialanschwemmungen p. 11. Vergl. auch Glacialschotter.
Glacialerosion p. 98. 334. Anhänger derselben p. 374—376. Gegner derselben p. 372—374. Einwendungen dagegen p. 381. Grösse in Nordeuropa p. 200, im Isargletschergebiete p. 200. 387, in den deutschen Alpen p. 330, an heutigen Gletschern p. 202. 385. Eigenthümlichkeiten p. 340.
Glacialformation: Definition p. 1. Regelmässiger Aufbau p. 137. 141. 206. Zum grössten Theile aus geschichteten Ablagerungen aufgebaut p. 205. Beziehungen zum Pliocän p. 273. 274.
Glacialphänomen: Abhängigkeit von der Bodenkonfiguration p. 25. Verhältniss des quartären zum heutigen p. 439.
Glacialschotter p. 11. 129. 272. Der letzten Vergletscherung p. 129. Oberer p. 140. 171. Unterer: p. 140; Verbreitung im Gebirge p. 152, auf der Hochebene p. 142, unter Moränen erodirt p. 151. 170, in Konnex mit Moränen p. 133. Früherer Vergletscherungen p. 278. 303. 311.
Glacialwirkungen, mittelbare p. 129, unmittelbare p. 23, orographische p. 20. 113. 199.
Gleissenthal p. 179. 356.
Gletscher, heutige: Erodirende Wirkung p. 202. 203. 385, schieben das Vorland zusammen p. 119. 120. 382. 383. Ungleiche Entfaltung unter gleichen Breiten und Höhen p. 437.
Gletscherentfaltung bedingt durch die Grösse des Einzugsgebietes p. 110, durch die geographische Lage p. 437.
Gletscherschliffe: Historisches p. 5.

Digitized by Google

Bildung p. 39. Vergänglichkeit derselben p. 91. 92. Zeugen gegen Glacialerosion p. 383. Ähnlichkeit mit Harnischbildung p. 455. Verzeichnis der südbayerischen p. 464.
Gletscherschub p. 120. 383.
Gletscherseen p. 349.
Grad, Charles: See von Lourdes p. 158. Seen im Moselthale p. 162. Schieferkohlen der Schweiz p. 220. Gegen zwei Vergletscherungen p. 221. Gegner der Glacialerosion p. 373.
Gras, Scipion: Zwei Vergletscherungen p. 215. 216.
Grewingk: Mehrmalige Vergletscherung der Ostseeprovinzen p. 442.
Grönland, vergletschert p. 15. 178. 188. 191. 195. 203. 386. 439.
Grönenbach, Endmoräne p. 146.
Gross-Weil, Kohlen p. 143. 253. 318.
Gruber, citirt p. 32.
Grundmoräne p. 33. Transport unter dem Gletscher p. 37. Entstehung p. 37. Grosse Mächtigkeit p. 38. Anhäufung unter dem Gletscher p. 38. Schichtung p. 38. Aufarbeitung des Untergrundes p. 41. Ursprung des Materiales p. 43. 197. 392. Material des Liegenden p. 43. Material der Endmoräne p. 43. Schichtenstauchungen im Untergrunde p. 44. Erratisches Material darin p. 46. Unregelmässige Vertheilung in den Alpen p. 93. Beziehung zwischen der Vertheilung im Gebirge und der Gletscherbewegung p. 97. Zeuge von Gletschererosion p. 99. Geschichtete Einlagerungen p. 131. 133. Aequivalent mit geschichteten Ablagerungen p. 133. 139.
Grundmoräne, lokale p. 42.
Gumälius, O.: Material der Endmoräne in der Grundmoräne p. 44.
Gümbel, C. W.: Erratisches Phänomen Südbayerns p. 30. Vergletscherung Oberbayerns p. 31. Gletscherspuren im Innthale p. 50. 54. Trümmer am Eibsee p. 61. Grundmoränen bei Seefeld p. 64. Urgebirgsgeschiebe im Illthale p. 80, Note; im Algäu p. 84. Mangel erratischer Blöcke im Gebirge p. 93. Hochfluthgeröll auf Pässen p. 95. Erratische Blöcke der bayerischen Hochebene p. 100. Erratische Erscheinungen der bayerischen Hochebene p. 101. Grundmoränen bei Raming p. 104. 309. Unterschiede des Glacialphänomens am Nord- und Südfuss der Alpen p. 126. Glacialgeschiebe Norddeutschlands p. 130. Erratisches Geschiebe p. 130. Kohlen von Gross-Weil p. 143, Note. Gerölle mit Eindrücken in diluvialer Nagelfluh p. 287. Hochgebirgsschotter p. 252. Schieferkohlen des Algäu p. 253. Ursprung der diluvialen Nagelfluh p. 293. Abbrechen der Quartärschotter vor dem Gebirge p. 314. Lösskonchylien im Moränengebiete p. 323. Terrassen in Alpenthälern p. 336. Ueber Bibernagelfluh p. 343.
Gurlt: Gegner der Glacialerosion p. 374. Einwände gegen die Glacialerosion p. 376.
Gutzwiller: Moränen unter den Schieferkohlen von Mörschweil p. 220.

H.

Haast: Anhänger der Glacialerosion p. 374.
Hahn, F. G.: Anhänger der Glacialerosion p. 376.
Hailer: Wimbachbreccie p. 252. Entstehung des Königssees p. 401.
Haller Salzberg, Alte Breccien, p. 245.
Hann, J.: Klima von Neuseeland p. 222.
Haspelmoor p. 354.
Hauer, F. v.: Localisirung des Glacialphänomens p. 437.
Haushofer, K.: Alter der Diluvialkohlen von Gross-Weil p. 318.
Heer, O.: Interglacialzeit p. 18. Schieferkohlen der Schweiz p. 219. Zwei Vergletscherungen p. 220. Schieferkohlen von Leffe p. 253. Unterlage der Kohlen von Utznach p. 255.
Heim, A.: Endmoränenbildung p. 42. Bergsturz von Flims p. 61. Gletscherschub p. 120. Erosion im Gebiete der Reuss p. 201. Moränen unter den Schieferkohlen

Digitized by Google

von Wetzikon p. 220. Gerölle mit Eindrücken p. 288. RAMSAY und BALL als Anhänger TYNDALL's p. 332. Gegner der Glacialerosion p. 373. Kritik der Theorie glacialer Seebildung p. 377. Seen im Oberengadin p. 402. Bildung der Alpenthäler p. 415.
HELLAND, A.: Subglaciale Wassercirculation in Grönland p. 178. Abtragung Skandinaviens während der Eiszeit p. 200. 387. Anhänger der Glacialerosion p. 375. Mittelschwedische Seen p. 427. Mehrmalige Vergletscherung Norddeutschlands p. 442.
HILDENBRAND: Zwei Vergletscherungen in Württemberg p. 214.
HINDE, G. J.: Seen in Kanada p. 428.
Hindernissmoränen p. 96.
Hinterthorenthal p. 61. 87. 88. 94.
Hochfluthgeröll p. 95.
Hochgebirgsschotter p. 252.
HOCHSTETTER, F. VON: Achensee p. 159. Gletscher Neuseelands p. 222. 437. Entstehung der Binnenseen und Fjorde p. 374.
HÖFER, H.: Firnlinie zur Eiszeit in den Alpen p. 186. Zwei Vergletscherungen p. 215.
HOGARD: Gletscherspuren in älteren Formationen p. 17. Gletscherschub p. 119. See von Gerardmer p. 158. Seen im Moselthale p. 162. Alte Anschwemmungen sind Grundmoräne p. 272. Gliederung des alpinen Diluviums p. 272.
HOLLER, A.: Flora der Kohlen von Wasserburg p. 138. Flora der Kohlen von Gross-Weil p. 143.
HOLMSTRÖM: Gletscherschub p. 120.
Höttinger Breccie p. 229.
„ Schutt p. 233.
HUMBOLDT, A. v.: Rosenkranzseen p. 349.
Hypnum aduncum Hedw. p. 138.
„ commutatum Hedw. p. 138.
„ fluitans Will. p. 138.
„ intermedium Lindbg. p. 138.
„ purum L. p. 143.
„ scorpioides L. p. 138.

I.

Jachenau, Schotter, p. 166.
JAMIESON, Th.: Vergletscherung Schottlands p. 16.
JENSEN: Gefälle des grönländischen Inlandeises p. 191.
JENTZSCH, A.: Eisfreie Inseln in Norddeutschland p. 195. Geschichtete Glieder der Geschiebeformation p. 207.
Illthal p. 80.
Illergletscher: Entfaltung in den Alpen p. 83. Entfaltung auf der Hochebene p. 107.
Imberg p. 257.
Inlandeis: Definition p. 187; alpines p. 184; grönländisches p. 191; nordamerikanisches p. 193; nordeuropäisches p. 192.
Inngletscher p. 28. 55. Thalgehänge überfluthend, p. 74. Entfaltung auf der Hochebene p. 105. Gefälle p. 190.
Innsbruck: Geschichtete Grundmoräne p. 36. Erratische Blöcke p. 51. 53. Terrasse p. 153. Kohlen p. 154. Moränen und Schotter p. 155. Breccien p. 228.
Innthal: Glacialerscheinungen p. 28. 48. Obere Gletschergrenze p. 52. Mächtigkeit der Vergletscherung p. 54.
Interglacial, Definition, p. 320.
Interglaciale Breccien p. 229; Deltas p. 344; Kohlen p. 251; Anschwemmungen p. 320.
Interglacialzeit p. 217. 220. 452.
Irrsee p. 400.
Isargletscher, im Gebirge p. 69. 78; auf der Hochebene p. 106. Gefälle p. 191.
JUKES: Anhänger der Glacialerosion p. 374.

K.

Kalktuffe von Thüringen p. 323.
KÄMTZ: Abtragung Skandinaviens während der Eiszeit p. 387.
Kaufbeuern p. 147.
KJERULF, TH.: Vergletscherung Skandinaviens p. 16. Gegner der Glacialerosion p. 373. Einwände gegen die Glacialerosion p. 384.
Klima: Theorie über Schwankungen p. 441. Schwankungen durch

Veränderlichkeit der Wärmecirculation erklärt p. 451.
Klosterthal p. 80.
Kochelsee p. 359. 361. 366.
Kochelsee-Seefelder Thal p. 63.
Kohlen, diluviale: bei Wasserburg p. 138, bei Gross-Weil p. 143, bei Innsbruck p. 154, der Nordschweiz p. 219. 318, am Thunersee p. 253, in Oberitalien p. 253, im Algäu p. 253. 256. 317. Verschiedene Horizonte, ältere und jüngere p. 319.
Königssee p. 401.
Kraterseen p. 350.
KRAUS, GR.: Hölzer von Gross-Weil p. 143. Hölzer von Imberg p. 259.
Kreide p. 165.
Krosssteinsgrus p. 42.
Küstenseen p. 349.

L.

Landl p. 77.
Längsmoränen p. 115.
LASPEYRES: Löss über nordischem Diluvium p. 323.
Laurinea p. 241.
Laurus? p. 241.
Lechfeld p. 147.
Lechgletscher: Entfaltung im Gebirge p. 86. Entfaltung auf der Hochebene p. 107.
Lechsee p. 352. 365.
Leffe, Schieferkohlen p. 253. 255.
LENZ, O.: Erratische Blöcke in Vorarlberg p. 81. Urgebirgsfindlinge des Algäu p. 84.
Löden-See; Bildung, p. 163.
LOGAN, SIR WILLIAM: Anhänger der Glacialerosion p. 374. Citirt p. 428.
Loisachgletscher p. 61.
LORY, CH.: Ansichten von Sc. GRAS p. 216. Gegen zwei Vergletscherungen p. 221. Schutt von Avignonet p. 252. Schutt von Lyon p. 252. Schieferkohlen der Alpen p. 254. Alter der alten Anschwemmungen p. 271. Glacialer Ursprung der alten Anschwemmungen p. 272. Bois de la Bâtie p. 277. Gliederung der alten Anschwemmungen p. 278. Gerölle mit Eindrücken p. 288. Anhäufung der alten Anschwemmungen p. 298. Anhänger der Glacialerosion p. 375. Becken bei Grenoble p. 395.
Löss zwischen diluvialer Nagelfluh und unteren Glacialschottern p. 283. Verhältniss zu den Glacialformationen p. 323.
LOSSEN: Diluvium ein Chaos p. 141.
LÜDDECKE, R.: Ursprung der Moränenlandschaft p. 116. Moränenseen p. 345. 346.
LYELL, SIR CHARLES: Drifttheorie p. 14. Theorie klimatischer Schwankungen p. 19. 435. 444. Zwei Vergletscherungen p. 219. Gegner der Glacialerosion p. 372. Kleine Seen durch Eis ausgehöhlt p. 373. Einwände gegen die Glacialerosion p. 390. Einwände gegen die glaciale Bildung der grossen Alpenseen p. 393. 411. Genfersee p. 397. Bildung der Alpenseen p. 417.

M.

MALLET: Maximalmächtigkeit von Gletschern p. 390.
Mare p. 350.
Marienberger Jöchl: Von Gletschern passirt p. 58. Alte Breccien p. 245.
MARTINS, CHARLES: Grundmoräne p. 10. 34. Vergletscherung Skandinaviens p. 10. Fluvioglaciale Schichten p. 12. Zerstörung gekritzter Geschiebe p. 137. Ursprung der Grundmoränen p. 197. Verhältniss geschichteter Ablagerungen zur Grundmoräne p. 205. Zwei Vergletscherungen p. 222. Glacialer Ursprung der alten Anschwemmungen p. 271. Gegner der Glacialerosion p. 373.
MARTINS, CHARLES, und GASTALDI: Anhäufung von Schottern beim Eintritt der Vergletscherung p. 205. Eintheilung des alpinen Quartärs p. 269. Glacialer Ursprung des alpinen Diluviums p. 271. Gliederung der Schotter im Liegenden der Moränen p. 278. Alter See bei Ivrea p. 395.

Digitized by Google

Max-Josefsthal: Alte Breccien p. 76. 247.
MAYER, KARL: Moränen unter den Schieferkohlen von Utznach p. 220.
Meddelelser om Grönland p.195. 203.
Meesea tristicha Funk p. 143.
MESSIKOMMER: Moränen unter den Schieferkohlen von Wetzikon p. 219.
MILLER, HUGH: Glaciale Bildung der Seen von Nordengland p. 375.
Mittel-See, Bildung, p. 163.
Mittenwald, Kreidelager, p. 165.
MOJSISOVICS, E. v.: Glacialerscheinungen im Innthale p. 50, am Seefelder Passe p. 64, im Illgebiete p. 80, Note. Abdämmung des Achensees p. 158. Gegen zwei Vergletscherungen p. 221. Höttinger Breccie p. 229. Partnachschiefer bei Innsbruck p. 231. Präglaciales Diluvium p. 270. 271. Gegner der Glacialerosion p. 372. Kritik der Theorie glacialer Seebildung p. 376.
Mondsee p. 400.
MONTEROSATO: Boreale Formen im italienischen Pliocän p. 457.
Moränen, siehe: Endmoräne, Grundmoräne, Hindernissmoräne, Längsmoräne, Seitenmoräne, Staumoräne.
Moränenamphitheater p. 125.
Moränenlandschaft p. 116. Entstehung, Grenzen p. 122.
Moränenschutt p. 118.
Moränenseen p. 349.
Moränenzonen in Oberbayern: Äussere p. 122, Alter p. 308, Seenmangel p. 354, von Löss bedeckt p. 322. Innere p. 121, Alter p. 308;
„ in Württemberg p. 121. 214;
„ im Aargau p. 214.
„ in Norddeutschland p. 322. 442;
„ in Nordamerika p.442;
„ in Oberitalien p. 214.
MORLOT, A.: Periodicität der Eiszeit p. 18. Vergletscherung des Innthales p. 28. 49, des Arlberges p. 82. Endmoränen von Lausanne p. 127. VENETZ' Priorität der Annahme mehrerer Vergletscherungen p. 212, Note. Profil von Clarens p. 217. Zwei Vergletscherungen p. 217. Profil im Dransethale p. 218. Höttinger Breccie p. 239. Zweitheilung des alpinen Quartärs p. 269. Periode der Strombildungen p. 270. Gletscherschliffe auf alten Anschwemmungen p. 276. Anhäufung der alten Anschwemmungen p. 297. Verhältniss der Alpenseen zu den alten Anschwemmungen p. 404. 409.
Mörschweil, Schieferkohlen von, p. 220.
Morteratschgletscher p. 120. 381. 383.
MORTILLET, G. DE: Bildung der Alpenseen p. 20. Gletscherspuren in den östlichen Alpen p. 50. Abneigung der Gletscher in engen Schluchten vorzudringen p. 97. Endmoränen Oberitaliens p. 127. Gegen Wiederholung der Vergletscherung p. 218. 221. Schieferkohlen der Alpen p. 254. Rundhöcker von alten Anschwemmungen p. 276. Geschiebe von alten Anschwemmungen p. 276. Gliederung der Schotter im Liegenden der Moränen p. 278. Petrographische Verschiedenheiten der Schotter im Liegenden der Moränen p. 286. 289. Anhäufung der alten Anschwemmungen p.295. Lac d'Annecy und lac de Bourget p. 370. Erosion der Alpenseen p. 370. Reexcavation der Alpenseen p. 371. Vertheidigung der Glacialerosion p. 374. Konservirung der Alpenseen p. 407. 409. Verhältniss der Alpenseen zu den alten Anschwemmungen p. 404. Entstehung der Alpenseen p. 413. Bildung der Erosionsseen p. 417.
MÖSCH, CAS.: Zweitheilung der alten Anschwemmungen p. 279.
MOUSSON: Löcherige Nagelfluh p. 287.
MÜHLBERG, F.: Längsmoränen p. 115. Endmoränen des Aargau p. 127. Zwei Vergletscherungen p. 214. Flussterrassen im Aargau

Digitized by Google

p. 215. Zweitheilung der alten Anschwemmungen p. 279.
München p. 282.
Murchison, Sir Roderick: Vergletscherung Nordeuropas p. 13. Drifttheorie p. 14. Gegner der Glacialerosion p. 372. Genfer See p. 397. Thal- und Seebildung p. 413. (Vergleiche auch Sedgwick.)
Murnauer Moos p. 352. 357. 361.

N.

Nagelfluh, diluviale: In Oberbayern p. 281; geschrammt p. 281; als Geschiebe in den Moränen p. 281; diskordant gegen untere Glacialschotter abschneidend p. 282; als Gerölle in letzteren p. 283; Thalbildung nach ihrer Ablagerung vor Ausbreitung der letzten Vergletscherung p. 284; Ursprung p. 291; Verbreitung p. 292; erratische Bestandtheile p. 300; gekritzte Geschiebe p. 302; fluvioglaciale Entstehung p. 303.
Nagelfluh, löcherige, p. 287.
Nathorst: Arktische Flora zur Glacialzeit p. 224.
Necker: Eintheilung des alpinen Diluviums p. 269. Bois de la Bâtie p. 277.
Neuenburger Seen p. 413.
Neumayr, M.: Boreale Formen im italienischen Pliocän p. 459.
Neuseeland, heutige Gletscher p. 222. 435; frühere Gletscher p. 436. 439.
Newberry: Anhänger der Glacialerosion p. 374.
Nordamerika, vergletschert p. 193; 442; Schotterterrassen an Flüssen p. 207; Seen p. 428; Fjorde p. 430.
Norddeutschland, vergletschert p. 16. 130. Inlandeis p. 192. Geschiebeformation p. 46. 130. 140. 434. Aehnlichkeit derselben mit der süddeutschen p. 46. 140. 434. Aufbau derselben p. 207. Moränenzonen p. 322. 442. Mehrmals vergletschert p. 140. 322. 442. Seen p. 426.
Nordenskjöld, A. E.: Inlandeis ein See von Eis p. 187.

O.

Ober-Berg-Pass p. 72. 77.
Oldham: Gegner der Glacialerosion p. 374. Einwürfe gegen die Glacialerosion p. 376.
Omboni, G.: Gegner der Glacialerosion p. 372. Verhältniss der alten Anschwemmungen zu den Alpenseen p. 405.
Oppel: Pflanzenreste bei Imberg p. 258.
Orgeln, geologische, p. 183. 455.
Orographie der deutschen Alpen p. 25.
„ der bayerischen Hochebene p. 113.
Orth: Löss über nordischem Diluvium p. 322.
Ostersee p. 357.

P.

Pariser Becken, vergletschert p. 455.
Patagonien, vergletschert p. 435.
Peissenberg, hoher, vergletschert p. 190.
Penck, A.: Gletscherschub p. 120. Bänderthone Norddeutschlands p. 135. 140. Gletscher Norwegens p. 196. Anhänger der Glacialerosion p. 375. Areal der Vergletscherung p. 452.
Persea speciosa Heer p. 241.
Peschel, O.: Sonklar'sche Seen p. 349. Gegner der Glacialerosion p. 373. Localisirung des Glacialphänomens p. 437.
Pettersen, K.: Arktis p. 436.
Pichler, A. Edler von Rautenkaar: Erratisches Phänomen im Innthale p. 29. 49. 53. Erratische Blöcke an der Ahrnspitze p. 65. Findlinge und Gletscherschliffe am Achensee p. 71. Diluvialer Torf bei Innsbruck p. 154. Höttinger Breccie p. 228. 239.
Pilar: Lage der Calmenzone p. 447. 450.
Pinus sylvestris p. 143. 259.
Plansee, Absperrung durch Schotter p. 161. 352.
Playfair: Glacialtheorie p. 3.
Pliocän p. 272. 273. 487. 459.

Digitized by Google

POMEL: Saharameer p. 435.
POST, H. VON: Vergletscherung Schwedens p. 15.
Poudingue à Bressan p. 272.
PRESTWICH: Schichtenstauchungen p. 45.
Prienthal p. 79.
PRINZINGER: Höttinger Breccie p. 239.
PROBST: Beziehungen zwischen Topographie und Gletscherverbreitung p. 102. Nordgrenze des Rheingletschers p. 103. Wasserläufe im Gebiete des alten Rheingletschers p. 174.
Puhle p. 183.

Q.

Querthalbildung durch Vereinigung zweier Thäler p. 60. 77.
Querthäler der Kalkalpen p. 60. 63. 75. 76. 77.
Quercus? p. 241.

R.

RAMSAY, A. C.: Annahme einer Eiszeit p. 17. Vergletscherung des Nordens p. 16. Gletscherspuren in älteren Formationen p. 17. 455. Seen der Gletschergebiete p. 20. 345. 347. Alter der Alpenthäler p. 332. Erosion von Seebecken p. 371. Bildung der Alpenthäler p. 372. Vertheidigung der Glacialerosion p. 374. Grenzen der Glacialerosion p. 376. Bewegung des Eises in Becken p. 391. Bildung der Alpenthäler p. 415. Gegen LYELL's Seebildungstheorie p. 418.
Randseen p. 360. 419.
RATZEL, FR.: Anhänger der Glacialerosion p. 376. Parallelismus der Seen und Fjorde p. 427.
RECLUS, E.: Konservirung der Fjorde p. 22. Entstehung der Binnenseen und Fjorde p. 373. Geographie des Fjordphänomens p. 431. 432. 451.
RENEVIER: Moränen unter den Schieferkohlen von Wetzikon p. 220. Alte Anschwemmungen pliocän p. 273.
Rhätisches Thal p. 55.
Rheingletscher p. 26. 81. Nordgrenze p. 103. 108.
RINK, H.: Vergletscherung Grönlands p. 15. Subglaciale Wassercirculation in Grönland p. 178. Inlandeis eine Ueberschwemmung p. 187.
Rinne, centrale, p. 126.
Riegsee p. 359.
Riesentöpfe p. 183. 455.
ROLLE, F.: Breccie von Oberwölz p. 252. Alpines Diluvium p. 268.
Rosenheimer Moos p. 123. 150. 337. 352. 419.
Rosenkranzseen p. 349.
ROTHPLETZ, A.: Gerölle mit Eindrücken p. 288.
ROZET: Gliederung des alpinen Quartärs bei Gap p. 269. Gletscherschliffe angeblich auf alten Anschwemmungen p. 276.
RÜTIMEYER, L.: Unterschiede des Glacialphänomens am Nord- und Südfuss der Alpen p. 126. Kohlen von Leffe p. 255. Beziehungen der Glacialformation zum Pliocän p. 274. Gegner der Glacialerosion p. 373. Kritik der Theorie glacialer Seebildung p. 377. Einwände gegen die Glacialerosion p. 381. 388. Amphitheater von Ivrea p. 395. Puppenzustände der Thäler p. 342. Bildung der Alpenthäler p. 415. Bildung der Alpenseen p. 419.

S.

Saharameer p. 435.
Salzachgletscher p. 78.
Salzburger Konglomerat p. 344.
SANDBERGER, FR.: Ueber Glacialgeschiebe Norddeutschlands p. 130. Schieferkohlen des Algäu p. 254. Kohlen von Leffe p. 255.
SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN: Gletscherschliffe p. 39. Alpenseen p. 419.
Schichtenstauchungen im Liegenden der Grundmoräne p. 44. In losem Materiale p. 45. 455.
Schieferkohlen der Schweiz p. 219—225. 318, des Algäu p. 254. 256. 318.
SCHILL: Geschiebe diluvialer Nagel-

fluh p. 276. Junges Alter des Bodensees p. 423.
SCHLAGINTWEIT, A. und H.: Trümmer am Eibsee p. 61. Erratische Blöcke im Gaisthale p. 65. Erratische Blöcke am Wettersteingebirge p. 66. Alpines Diluvium p. 268.
Schlepp p. 133.
Schliersee p. 360. 366.
Schlierseegletscher p. 107. Entfaltung auf der Hochebene p. 107.
SCHMITZ: Erratische Blöcke der bayerischen Hochebene p. 100. Hochgelegene Glacialschotter der Alpen p. 130.
Schongau, p. 147.
SCHÖNNAMSGRUBER: Vertheilung des erratischen Materiales in Oberbayern p. 29.
Schotter im Liegenden der Moränen Oberbayerns: Gliederung p. 280. Beziehungen zu Vergletscherungen p. 311, älteste p. 290, mittlere p. 290, jüngste p. 290.
Schrammen p. 40. 383.
Schrofenpass p. 82. 86.
Schrökenpass p. 82.
Schussenried p. 323.
Schuttkegel. Alte im Innthale p. 230. Recente im Innthale p. 232.
SEDGWICK und MURCHISON: Erratische Blöcke bei Seefeld p. 53. 64. Erratische Blöcke der bayerischen Hochebene p. 100.
See von Annecy p. 369.
„ „ Bourget p. 369.
„ „ Lourdes p. 58.
„ „ Gerardmer p. 158.
Seefelder Pass p. 62. Mächtige Grundmoränen p. 96. Glaciale Schotter auf der Passhöhe p. 165.
Seen: Klassificirung p. 347. Abhängigkeit von klimatischen Verhältnissen p. 351. Kurze Dauer p. 367.
„ tektonische p. 351.
„ orographische p. 413.
„ Südbayerns und Nordtirols: Vertheilung p. 351, theilweise auf die Flyschzone beschränkt p. 365, im Gebiete kleiner Flüsse erhalten p. 365, fehlen ausserhalb des Gletschergebietes p. 346.
Seen: in Gletschergebieten p. 20. 345. 426, im Moselthale p. 162, kleine der Kalkalpen p. 353, der Dombes p. 369,
„ in Kärnten p. 369, in Salzburg p. 369. 400, im Engadin p. 402, in Norddeutschland p. 426, in Skandinavien p. 427, in Kanada p. 428.
„ erloschene im Val Gandino p. 162. 255, bei Wolfrathshausen p. 355, bei Murnau p. 358, bei Rosenheim p. 365, im Thale der Dora Baltea p. 394, der Isère p. 395, der Rhone p. 396.
Seenbildung durch Thalabsperrung p. 163, durch Einstürze p. 61, durch Gletscher p. 353. 368.
Seitenmoränen: Mangel derselben in den deutschen Alpen p. 92.
SENDTNER: Moore Südbayerns p. 346.
SIEGFRIED: Geschichte der Gletschertheorie citirt p. 4.
Skandinavien, vergletschert p. 6. 10. 15. 189. 324; Aufbau der Glacialformation p. 207. 324; glaciale Schotter p. 426; Abtragung während der Eiszeit p. 200. 387.
Sölle p. 183.
SONKLAR'sche Seen p. 349.
Sonnenwendjochkette, hintere, p. 73.
Spitzingpass: Nicht von Gletschern überschritten p. 75. Jugendliches Alter p. 76.
Spitzingsee p. 75.
Staffelsee p. 359.
STARK, F.: Vergletscherung Südbayerns p. 30. Grenzen der Vergletscherung p. 102. 105. 122. Seen Südbayerns p. 345. Glaciale Bildung der Seen Oberbayerns p. 375.
Starnberger See (Würmsee) p. 123. 150. 355. 413.
Staumoränen p. 121.
STOPPANI, A.: Unterschiede der Vergletscherung am Nord- und Südfusse der Alpen p. 110. Absperrung des Val Gandino p. 162. Kohlen von Leffe p. 255. Glacialformation pliocän p. 273. Gegner der Glacialerosion p. 372.

Stotter: Erratisches Material in den Kalkalpen p. 49.
Studer, B.: Eintheilung des alpinen Diluviums p. 268. Hebung der Alpen zur Quartärzeit p. 270. Gegner der Glacialerosion p. 372. Alpenseen und Alpenthäler p. 414. Seebildung durch Fluthen p. 416. Junges Alter der schweizer Seen p. 423.
Subglaciale Wassercirculation p. 176.
Suess, E.: Migrationen im Wiener Becken p. 459.

T.

Taramelli: Zwei Vergletscherungen p. 214. Beziehungen der Glacialformation zum Pliocän p. 274.
Tardy, M.: Bois de la Bâtie p. 277.
Tegernsee p. 360. 366.
Tegesthal p. 62. 86.
Teufelsgraben p. 179.
Thalbildung p. 60. 77. 412.
Thalsee p. 398.
Thannheimthal p. 87. 94.
Thomson, Wyville: Maximalmächtigkeit von Gletschern p. 390.
Thuner See p. 425.
Terrasse im Innthale p. 152, drängt sich in Seitenthäler p. 156, Zerstückelung derselben p. 169; postglaciale im Innthale bei Wasserburg p. 180.
Terrassen in den Thälern Schwabens p. 148.
Tölz, Kreidelager p. 165.
Torf, diluvialer p. 138. 143. 154.
Torell, O.: Vergletscherung Skandinaviens p. 15. Lokale Grundmoräne p. 42. Regelmässiger Aufbau der Glacialformationen p. 207.
Traunsee p. 400.
Tyndall, John: Gletscherschub p. 120. 382. Bildung der Alpenthäler p. 330. 371. Morteratschgletscher p. 120. 382. Verlangsamung der Gletscherbewegung in tieferen Lagen p. 391.

U.

Ulmus Bronni Heer p. 241.
Umwallungsseen p. 350.
Unger, F.: Erratisches Phänomen im Innthale p. 29. Gekritzte Geschiebe p. 48. Pflanzen der Höttinger Breccie p. 241.
Urgebirgsfindlinge des Algäu p. 84.
Utznach: Schieferkohlen p. 220.

V.

Val Gandino, alter See p. 162; Kohlen p. 253. 255.
Vallonsee p. 414.
Venetz, J.: Ausbreitung der Gletscher in den Alpen p. 4. Mehrere Vergletscherungen der Alpen p. 18. 212. Aufwühlende Wirkung der Gletscher p. 382.
Vergletscherung der Alpen p. 4. 25. 211. 231; der nordtiroler u. oberbayerischen Alpen p. 89. 266; der bayerischen Hochebene p. 99. 312; der schweizer Alpen mit der der deutschen verglichen p. 89; Oberitaliens mit der Oberbayerns verglichen p. 111; Unterschiede in der Vergletscherung der Schweiz und Südbayerns p. 111; Unterschiede der früheren und heutigen Vergletscherung der Alpen p. 112; der Vergletscherung am Nord- und Südfusse der Alpen p. 110. 126. Ungleiche Intensität der Vergletscherung p. 112. 438. 439.
Vergletscherung: der Balkanhalbinsel p. 438.
„ „ des Böhmerwaldes p. 434.
„ „ Brasiliens p. 435.
„ „ der centralfranzösischen Gebirge p. 434. 437.
„ „ des Duerogebietes p. 437.
„ „ des Harz p. 439.
„ „ des Himalaja p. 435.
„ „ des Munku Sardyk p. 435.
„ „ Natals p. 435.
„ „ Neuseelands p. 436. 439.
„ „ Nordamerikas p. 434.
„ „ Nordeuropas p. 3. 5. 13. 15, verglichen mit der alpinen p. 189. 434, Ausdehnung p. 439.
„ „ der nördlichen Hemisphäre, ungleiche Entwicklung p. 439.
„ „ Patagoniens p. 430. 435. 439.
„ „ der Rocky Mountains p. 434.

Digitized by Google

Vergletscherung des Thianschan p. 435.
„ „ des Tschuktschenlandes p. 430. 434.
„ „ der Vogesen p. 434. 438. 439.
„ „ des Schwarzwaldes p. 435. 439.
Vilsalpgruppe, lokale Gletscher p. 87.
VIOLLET-LE-DUC: Gegner der glacialen Bildung grosser Alpenseen p. 373. Kleine Seen durch Eis ausgehöhlt p. 373.
Vomperbach: Alte Breccien p. 245. Schichtenstörungen p. 45.
Vorderjoch vom Illergletscher überdeckt p. 85. 87. Mächtige Grundmoränen p. 96.

W.

WAHNSCHAFFE, F.: Kreuzende Schrammen p. 40. Bildung der lokalen Grundmoräne p. 42.
Walchensee p. 362.
Walchsee p. 156.
Walchseethal p. 79.
WALLACE, A. R.: Eiszeittheorie p. 452. 454. Zoogeographische Bedeutung klimatischer Wechsel p. 457.
Wallgau, Kreidelager p. 166. Alte Breccien p. 246.
Walser Thal p. 81.
WALTENBERGER: Orographie des Algäu p. 82.
WARD, CLIFTON: Glaciale Bildung der Seen von Nordengland p. 375.
Wasserburg, Innleithe, p. 133.
Wasserwirkung, anhäufende und erodirende, p. 181.
WEISS, J. F.: Erratisches Phänomen Oberbayerns p. 29. Orographie der bayerischen Hochebene p. 100. Moränenlandschaft Südbayerns p. 116. Erloschene Seen Südbayerns p. 365.
Weissenbach am Lech. Alte Breccien p. 247.
Weit-See, Bildung p. 163.
Wettersteingebirge, lokale Gletscher p. 68.
Wetzikon, Schieferkohlen p. 219.
WHYMPER: Einwürfe gegen die Glacialerosion p. 383.
WILSON: Schichtenstörungen am Buerbrä p. 383.
WOEIKOF, A.: Glaciale Submersion p. 445. Bedeutung kalter maritimer Klimate für die Gletscherentwicklung p. 448.
Wolfgangsee p. 400.
Wolfrathshausen, alte Seen p. 355.
Würmsee p. 123. 150. 355. 413.

Z.

Zeller See p. 401.
ZITTEL, K. A.: Vergletscherung Oberbayerns p. 31. Vergletscherung der bayerischen Hochebene p. 101. Moränenlandschaft Südbayerns p. 116. Vergletscherung Norddeutschlands p. 130. Geschiebe diluvialer Nagelfluh p. 197. 277. Präglaciales Diluvium p. 270. 271. Gletscherschliffe auf diluvialer Nagelfluh p. 276. 281. Urgebirg-gerölle in der diluvialen Nagelfluh p. 300. Saharameer p. 435.
Zonen des Moränengebietes p. 125.
ZÖPPRITZ: Gegner der Glacialerosion p. 374. Einwürfe gegen die Glacialerosion p. 375. Meeresströmungen p. 446.
Züricher See p. 413.

Digitized by Google

Druckfehler.

Seite 313, Zeile 7 von unten lies Glacialphänomene.
Seite 352, Zeile 11 von oben lies statt Isarthal: Lechthal.

Auf der beigefügten Gletscherkarte von Südbayern ist durch ein Versehen nach der Korrektur unweit Grosshessellohe unmittelbar südlich von München verwaschene Moränenlandschaft angegeben worden. Es findet sich dort lediglich Löss.

Digitized by Google

Tabelle I.

…ry 1878. …Soc. géol. de …. III S. t.V. …. 468.	Mühlberg 1869. 1878. Ueber die erratischen Bildungen i. Aargau 1869. Zweiter Bericht 1878.	Heer 1864. 1879. Urwelt der Schweiz. 2. Aufl. 1879. p. 577.	Penck 1882.
Gl { Terrain erratique. …lluvions …anciennes } *P Gl* { …Schotter, Nagelfluh). }	*Q* { *1. Gl* { End-moränen. / Schotter-terrassen. } ; *2. Gl* { Aeussere Moränen. / Diluviale Nagelfluh. } }	*Q* { *PstGl* { Geröll bei Basel. } ; *2. Gl* { Moränen, Löss, Moore mit arktischer Flora. } ; *IGl* { Geschichtetes Diluvium bei Dürnten u. Thuner See. Schieferkohlen, Nordschweiz u. Savoien. } ; *1. Gl* { Moränen unter Schieferkohlen und bei Thonon. } }	*Q* { Jüngste *Gl* { Oberer Glacial-Schotter. Moränen d. inneren Zone. / Unterer Glacial-Schotter. } ; Aelteste *Gl* { Diluviale Nagelfluh. / Unt. Moränen von Innsbruck u. Algäu. } } Mittlere *Gl* { Moränen der äusseren Zone. / Mittlere liegende Schotter. } Interglaciales Delta von Brannenburg.
	Pl	*Pl*	*Pl*

…n geben die Bezeichnung dieser Komplexe, es bedeutet:

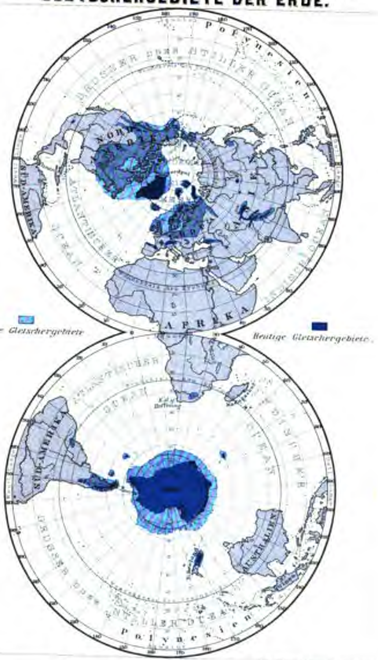
Digitized by Google

Digitized by Google

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF

Digitized by Google

DIE HAUPTSÄCHLICHSTEN FRÜHEREN UND HEUTIGEN
GLETSCHERGEBIETE DER ERDE.

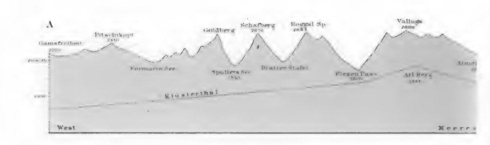


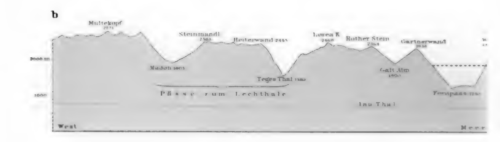
VERLAG VON JOH. AMBR. BARTH IN LEIPZIG.
1882.

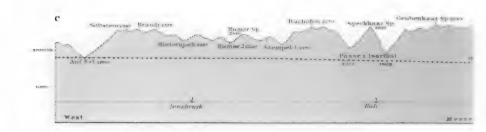
Digitized by Google

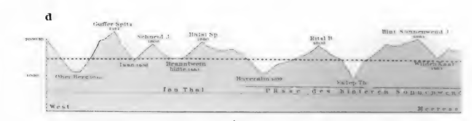
Digitized by Google

Digitized by Google









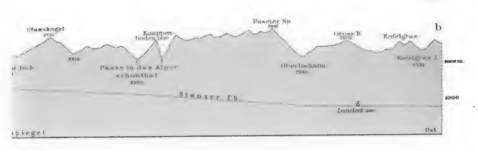
Kammprofil der nördlichen Kalkalpe

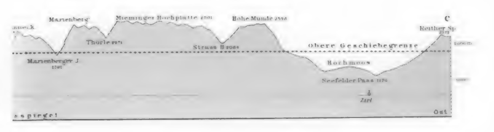
Länge 1:250.00

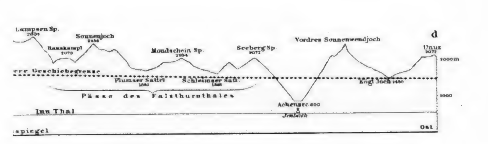
Höhen 1:

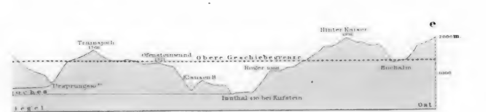
Lith. Anst. v.

Digitized by Google









vom Klosterthal zum hinteren Kaiser.

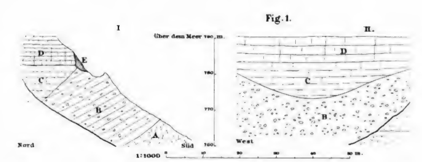
. Höhe 1:100 000

Metern.

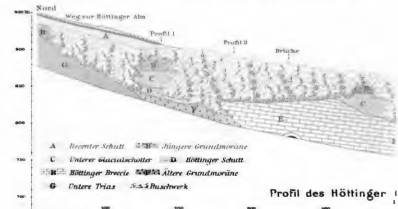
Kirst, Leipzig

Digitized by Google

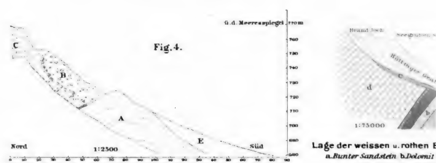
Digitized by Google



Profil am oberen Ende des Weiherburger Grabens bei Inns
I. von der Seite, II von vorn.

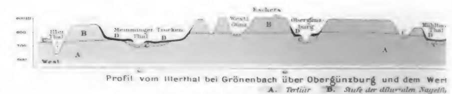


Profil des Höttinger

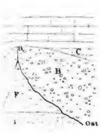


Profil im Graben westlich der Weiherburg bei Innsbruck.
A Dolomit der unteren Trias B Grundmoräne C Rothe Breccie
E Junger Schuttkegel Gebüsch

Lage der weissen u. rothen B
a. Bunter Sandstein b. Dolomit
c. Obere Carditaschic
A. Untere Moräne B. Rothe Bre



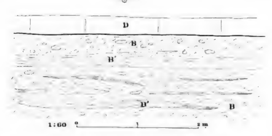
Profil vom Illerthal bei Grönenbach über Obergünzburg und dem Wert
A. Tertiär B. Stufe der diluvialen Nagelfl
Höhe: Län
(Höhe 1:25000



...nsbruck.

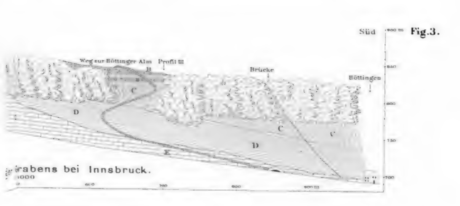
...chutt F. Rasen.

Fig. 2.



Grenze zwischen rother Breccie und Grundmoräne.
bei a Fig. 1. II.
B. Grundmoräne mit Sandschmitzen B'. D. Rothe Breccie.

Fig. 3.

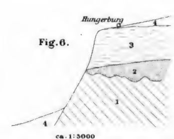


...rabens bei Innsbruck.

Fig. 5.

...reccie am Thalgehänge bei Innsbruck.
...Untere Carditaschichten d. Wetterstein-Kalk
...tten f. Hauptdolomit (Nach Pichler)
...cie C. Weisse Breccie D. Obere Glacialschichten

Fig. 6.



ca. 1:5000

Profil an der Hungerburg bei Innsbruck
Copie nach Pichler, Beiträge zur Geognosie Tirols Taf. I. Fig. f. VI.
1 Oberer Alpenkalk 2 Sand und Letten (Grundmoräne)
3 Tertiärconglomerat (Rothe Breccie) 4 Diluvium (Schotter)

Fig. 7.

...chthale oberhalb Kaufbeuern nach dem Lechthale unterhalb Schongau.
... Unterer Glacialschotter D. Moränen.
...-10:1
...ange 1:250000)

Digitized by Google

Digitized by Google

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

EARTH SCIENCES LIBRARY

This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

FEB 4 1971

LD 21-40m-10,'65
(F7763s10)476

General Library
University of California
Berkeley

Digitized by Google

-633

Storage

Digitized by Google

Digitized by Google